LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



L'EXAMEN MÉDICAL EN CHAINE DES ÉTUDIANTS DE PARIS

Confortablement étendu, le patient passe le bras par l'ouverture d'un des six postes de prise de sang (*Photo* Richard-Blin).

N° 3246 – Octobre 1955 | Revue mensuelle | Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

Le plomb facilite l'usinage de l'acier

Jusqu'alors, le soufre était le principal élément ajouté à l'acier pour faciliter son travail. L'addition d'une faible quantité de plomb permet également d'améliorer l'usinabilité de l'acier de 25 à 40 pour 100 et parfois plus. Le plomb agit comme un lubrifiant pour l'outil de coupe, réduit la chaleur produite et diminue l'énergie nécessaire pour couper et déformer le copeau. Les propriétés mécaniques de l'acier ne sont pas modifiées. L'addition de plomb est réalisée en envoyant dans l'acier en fusion un courant de plomb pulvérulent (de l'ordre de 0,2 pour 100).

* * *

Trois ingénieurs ou chercheurs français de moins de 28 ans, sachant parfaitement l'anglais, pourront bénéficier de bourses offertes par l'Association des Étudiants américains pour aller suivre les cours d'été de l'Institut de Technologie du Massachusetts, entre le 4 juin et le 25 septembre 1956. Les candidatures devront parvenir, avant le 1er novembre 1955, à la Direction des Relations culturelles, Service des Bourses, 37, quai d'Orsay, Paris, 7e.

* * *

Des prospections poursuivies dans l'Ile Nonoc, aux Philippines, ont mis en évidence la présence de 6 000 000 de t de latérites contenant 1,8 pour 100 de nickel. Elles couvrent la majeure partie de la surface de l'Ile.

* * *

La chasse à la gazelle par l'emploi du sloughi ayant été interdite en Algérie, la race de ces lévriers est en forte régression. Pour la sauver, le Sloughi Club d'Alger a décidé d'organiser des courses de ces lévriers au cynodrome d'El Biar.

* * *

Aux États-Unis, la première usine d'aluminium utilisant du lignite comme source d'énergie, vient d'être inaugurée dans le Milan County, au Texas. La production annuelle prévue est de 90 000 t. Le choix du lignite a été dicté par le manque de ressources hydroélectriques et les difficultés d'approvisionnement en gaz naturel. L'entreprise comporte des risques du point de vue de la rentabilité.

SOMMAIRE

Extraction du sucre par diffusion

La National Cylinder Gas Co de Chicago a mis au point un procédé industriel d'extraction du sucre de canne par diffusion et osmose. Il permet d'extraire 97 pour 100 du sucre contenu au lieu des 92 pour 100 obtenus par l'ancienne méthode de broyage des cannes ; de plus le sucre brut est beaucoup plus pur.

Le procédé a été expérimenté en marche industrielle dans une usine qui traite 150 t de cannes à sucre par jour.

* * *

Une usine pour le traitement de minerais d'uranium va être construite en Vendée par la Société industrielle des Minerais de l'Ouest qui vient d'être constituée au capital de 250 000 000 F par le Commissariat à l'Énergie atomique et les Établissements Kuhlmann.

* * *

Le 28e Congrès international de Chimie industrielle se tiendra à Madrid, du 23 au 31 octobre 1955. Outre les séances de travail, il comprendra des voyages d'études dans les régions industrielles d'Espagne.

Découverte d'uranium en Écosse

Des experts de Londres se sont rendus en Écosse en mai dernier afin d'examiner une découverte faite dans les montagnes occidentales du Perthshire : ils devaient déterminer si l'uranium découvert se trouvait en quantité suffisante pour justifier une exploitation éventuelle. Le filon s'est révélé trop mince pour permettre la rentabilité de son utilisation. Mais, du point de vue scientifique, la trouvaille présente un intérêt considérable, car on n'a guère découvert de gisements d'uranium jusqu'à présent dans les terrains anciens des Iles britanniques (D'après *Scotland's Magazine*).

* * *

Des essais de production de jute avaient commencé en 1952 en Guyane britannique, dans le but de fournir aux usines de Dundee une partie de leur approvisionnement, et de libérer l'industrie britannique du jute de l'instabilité du marché pakistanais. L'appui financier du gouvernement anglais a permis la mise en culture de quelques centaines d'hectares ; les premiers arrivages sont attendus à Dundee dans le courant de 1955.

* * *

Un projet de mise en valeur totale du fleuve Orange, le plus important de l'Union Sud-Africaine, en tant que source d'énergie et réservoir d'irrigation, va être mené à bien. L'exécution de ce programme permettrait l'irrigation de nouvelles terres d'une superficie de près de 240 000 ha.

* * *

Des gisements de bauxite ont été prospectés en Catalogne ; ils sont estimés contenir de 6 à 7 millions de tonnes à 60 pour 100 d'alumine.

* * *

La pompe à chaleur a été appliquée avec succès pour l'élevage des porcelets dans une ferme de l'Indiana, aux États-Unis. Un groupe frigorifique à fonctionnement complètement automatique permet de maintenir un minimum de 18° C pendant l'hiver et une température de 22° C pendant l'été. On envisage de multiplier les naissances tout au long de l'année.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1955

France et Union fse : un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) : un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs

Belgique et Luxembourg : un an : 325 f belges six mois : 163 f belges

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

N° 3246 Octobre 1955

LA NATURE

La Conférence de Genève et l'utilisation de l'énergie nucléaire

Dans le cadre incomparable du Palais des Nations à Genève, la Conférence internationale pour l'utilisation pacifique de l'énergie atomique, tenue du 8 au 20 août dernier, a dépassé les espoirs que l'on avait mis en elle. Nos lecteurs savent déjà, par ce que la grande presse en a dit, que cette conférence, s'ouvrant à un moment où les relations internationales bénéficiaient d'une atmosphère nouvelle, a apporté des révélations auxquelles on ne peut refuser le qualificatif de sensationnelles, car elles font entrer dans le concret les perspectives de cet « âge atomique » dont on parlait depuis quelque temps, mais sans que le public pût mesurer au juste ce que cette expression signifiait, sinon une menace d'extermination générale.

Au vrai, le groupe des personnes qu'on a coutume d'appeler les « milieux bien informés », sans compter naturellement les spécialistes des questions nucléaires, n'étaient pas sans avoir quelque idée des progrès accomplis dans les pays les mieux équipés. Pour qui savait mesurer ce que pouvaient apporter dix à quinze années de recherches poursuivies avec les plus grands moyens, stimulées par les besoins militaires, il était facile d'imaginer le volume des connaissances acquises. Chaque groupe pouvait juger des autres d'après lui-même. Et les explosions de bombes thermonucléaires étaient des références à la portée de tous.

Enfin, malgré un black-out officiel plus ou moins bien organisé selon les pays, quelques rais passaient les rideaux, et des informations d'un caractère plus précis ne manquaient pas, permettant d'évaluer non plus seulement le volume mais la qualité des travaux scientifiques et techniques, et d'imaginer plus nettement ce que la levée soudaine du black-out pourrait étaler à nos yeux.

Malgré cela, l'effet de surprise et d'admiration, à Genève, fut général et réciproque, et l'expression de « choc psychologique » qu'on utilise volontiers aujourd'hui s'appliquait à merveille. On aurait pu croire que, l'émulation aidant, une révélation en entraînait une autre. Mais point du tout : cette masse extraordinaire de documents, que l'on déchiffrait avec une passion gourmande, avaient été apportés spontanément et livrés en bloc.

On serait naïf de croire que cette somme de révélations n'a pas été, de part et d'autre, soigneusement, minutieusement mesurée. Sans vouloir aucunement sous-estimer l'importance de l'événement, il faut bien dire que ce qui a été jeté dans le domaine public à Genève était partiellement connu des spécialistes les mieux informés ou n'aurait manqué de l'être, morceau par morceau, à plus ou moins brève échéance. Mais il y a loin du demi-secret plus ou moins percé par quelques initiés à une publication au grand jour qui permet à une foule d'utilisateurs d'intégrer avec sécurité ces données dans leur culture scientifique ou technique, épargnant les incertitudes, les doubles emplois, le temps perdu, hâtant les vues d'ensemble et stimulant de nouveaux progrès dont tous ont la perspective de profiter sur l'heure. Et si l'événement de Genève est plus encore politique que scientifique, cette politique ne peut manquer d'avoir sur la science les plus grands effets.



Fig. 1. — *A l'Exposition de l'Énergie atomique à Genève : Équipement permettant de travailler dans des locaux contenant des poussières radioactives à faible dose.*

La surpression légère maintenue dans ce scaphandre qui fonctionne en régime de « fuite constante » évite tout contact avec les poussières extérieures ; mais il ne saurait, évidemment, protéger contre une forte radioactivité.

(*Photo* A. Kertès).

Il semble impossible qu'un geste collectif de cette envergure puisse rester sans lendemain. On doit donc espérer que le grand dialogue traditionnel des savants de tous les pays reprendra dans tous les domaines, avec plus de franchise encore et moins d'arrière-pensées que dans le domaine nucléaire, qui reste dans une grande mesure grevé de l'hypothèque militaire.

Ce que la politique aura ainsi apporté ou concédé à la science lui sera vraisemblablement bien rendu. Il ne nous appartient pas de traiter ici cet aspect de la question. Cependant, sans empiéter sur ce domaine, on doit rappeler que cette heureuse évolution a pour condition une indépendance absolue de la science à l'égard des idéologies qui lui sont par essence étrangères. La science est libre, ou n'est pas; car quand bien même on ne voudrait lui reconnaître pour fins dernières que la puissance et le bien-être de l'homme, ces fins elles-mêmes ne peuvent être atteintes que dans la liberté de la recherche et des idées qui l'animent, liberté sans laquelle la science se sclérose, se paralyse, ou s'égare.

* * *

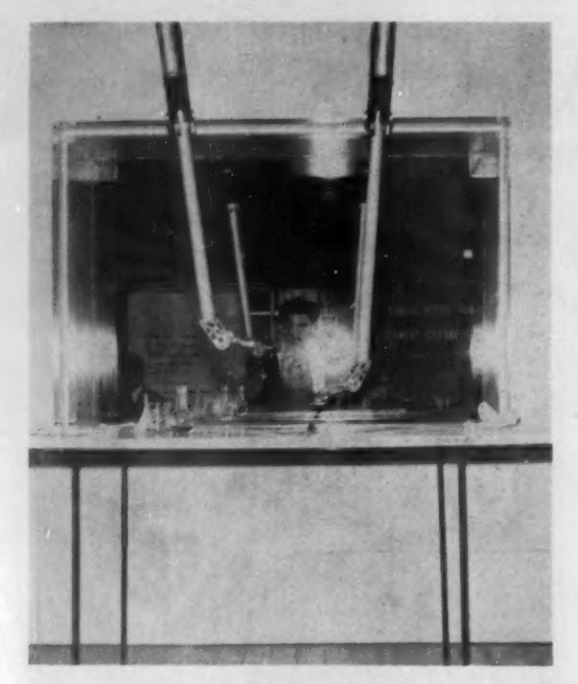


Fig. 2. — *Appareillage de manipulation à distance exposé à Genève.* Un volume limité par deux glaces (et que l'on peut remplir d'eau, par exemple) sépare l'opératrice, qu'on aperçoit au dernier plan, des bras articulés qui manipulent, au premier plan, des substances radioactives. La précision est telle que l'opératrice conserve la sensation du toucher.

(*Photo La Nature*).

Les informations recueillies à Genève nourriront plusieurs exposés qui paraîtront dans cette revue. Le court aperçu que nous allons donner de la conférence en sera le préambule et en délimitera les principaux objets.

Les expositions. — Un mot d'abord des expositions, l'une de caractère industriel et technique, l'autre scientifique, qui servirent de toile de fond à la Conférence. Sous une forme très accessible au grand public étaient présentés les principaux aspects de la science et de la technique nucléaire.

De nombreuses maquettes des principaux réacteurs mondiaux, de l'usine française de plutonium, du *Nautilus* américain, situaient le stade actuel des réalisations.

Un véritable réacteur était installé dans le parc du Palais. Construit aux U.S.A., il est destiné à l'Institut fédéral de Technologie de Zurich. Constitué de 23 éléments contenant 18 kg d'uranium enrichi à 20 pour 100 de l'isotope 235, il fonctionne au sein d'une masse d'eau de 49 m^3, qui joue simultanément les rôles de réfrigérant et de ralentisseur des neutrons, ainsi que de dispositif protecteur contre les radiations. Trois barres mobiles au carbure de bore commandent la marche de ce réacteur en agissant sur la quantité de neutrons disponibles pour provoquer les fissions en chaîne.

Nous verrons plus loin les usages d'un pareil réacteur expérimental; il a permis au public d'admirer la radiation de Tcherenkov, luminescence bleue remarquable, due au freinage énergique que subissent les électrons rapides qui arrivent dans l'eau à une vitesse supérieure à celle de la lumière dans ce même milieu.

A l'importante question des matières premières, qu'il s'agisse des combustibles nucléaires ou des matériaux constitutifs des piles, de leur prospection ou de leur élaboration industrielle, sont consacrés de nombreux stands; géologie des gîtes d'uranium, chimie du zirconium, du hafnium, métallurgie du béryllium, ... apparaissent en tableaux très clairs.

Les laboratoires modernes qui travaillent dans cette voie nouvelle et dangereuse ont un équipement spécial de manipulation à distance, de protection contre les poussières radioactives, de contrôle des doses de rayonnement subies par les opérateurs, et certains détails de ces réalisations ne sont pas la partie la moins spectaculaire de l'exposition (fig. 1 et 2).

Enfin le champ d'application des radiations et des radioéléments fournis par les piles, est abondamment illustré par des exemples qui vont de la stérilisation des conserves ou tubercules (des pommes de terre sont là qui se sont conservées sans altération plusieurs années grâce à une irradiation initiale) à la thérapeutique humaine (détection et traitement des cancers), en passant par la création de nouvelles variétés botaniques par mutations provoquées.

Conférences et communications. — A côté des conférences générales sur des sujets tels que « Le futur de l'énergie atomique » (Sir John Cockcroft), à côté des réunions restreintes où les délégués des gouvernements ont mis en commun leurs préoccupations, furent présentées les « communications », très nombreuses (il fallut 200 t de papier pour en imprimer les résumés), qui donnent à ces journées le caractère d'un véritable congrès scientifique. Certes la levée partielle du secret militaire s'accompagne de l'instauration du secret qu'exigent les émulations scientifiques ou industrielles, mais ce secret est à terme et de nature différente.

Les réacteurs mondiaux. — Les descriptions détaillées de réacteurs actuels ou futurs furent abondantes et le tableau de cet effort de création est à proprement parler extraordinaire. Chaque pays expose son programme : réacteurs d'expérience à faible puissance (10 à 100 kW), réacteurs d'étude de nombreux types, réacteurs de puissance enfin, destinés à produire du courant électrique dans des installations qu'on a déjà baptisées « centrales atomiques » (fig. 3 et 4).

Le principe du réacteur est bien connu : les neutrons émis au cours de la fission d'un noyau sont à leur tour capables de provoquer la fission d'autres noyaux. Les neutrons ont été éventuellement freinés pour que leur vitesse assure les meilleures conditions de capture. Si le nombre de neutrons émis au cours d'une fission puis réutilisés est supérieure à l'unité, une réaction en chaîne peut s'instaurer.

Les descriptions portent donc sur la nature du « combustible » nucléaire, sa disposition géométrique, la nature du ralentisseur de neutrons, des réflecteurs qui diminuent la proportion des fuites de neutrons à la périphérie du fluide de refroidissement. Elles portent ensuite sur la nature des matériaux qui constituent l'armature de la pile : soumis à des rayonnements intenses, ces matériaux subissent des dégradations d'un genre jusqu'aujourd'hui presque inconnu. De plus ils doivent faire écran de protection à l'égard des radiations. Enfin le fluide qui assure l'élimination de la chaleur et son acheminement sur les lieux de sa transformation en électricité doit satisfaire à de nombreuses exigences.

A côté des piles refroidies à l'eau lourde ou naturelle, d'autres utilisent les gaz sous pression ou les métaux fondus, tels que le sodium, dont la technologie s'est beaucoup développée.

Ces réacteurs ont dès maintenant les objectifs suivants :

— préparer les installations industrielles destinées à fournir de l'énergie;

— préciser notre connaissance de la nature des réactions nucléaires;

— établir les bases d'une technologie entièrement nouvelle relative à la physique du solide soumis au rayonnement;

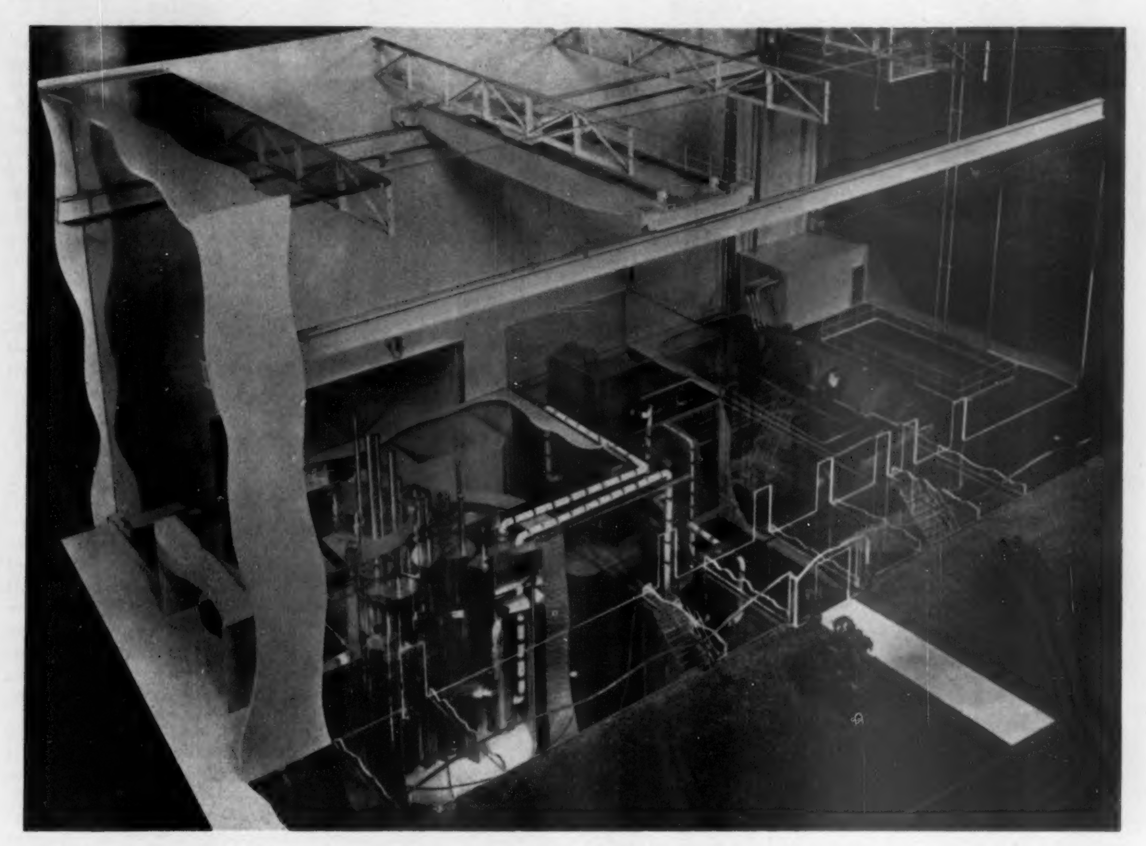


Fig. 3. — *Maquette de centrale atomique avec réacteur « auto-régénérateur », conçue par le Laboratoire national Argonne, à Chicago.* Le réacteur a pour « combustible » de l'uranium naturel enrichi en U 235. On voit, peintes en blanc, les canalisations où circule le métal liquide qui refroidit le réacteur (à gauche) et en transporte la chaleur dans le générateur (au centre) où elle produit de la vapeur qui va actionner la turbine (à droite) (*Photo U.S.I.S.*).

— fournir les flux de rayons α, β, γ et de neutrons nécessaires pour les études fondamentales;

— fournir les sous-produits radioactifs utilisables en thérapeutique ou dans d'innombrables types de recherche, comme « traceurs ».

Certains de ces objectifs n'exigent évidemment pas, pour qu'on les aborde, la mise en service de puissances considérables. D'où la notion de pile expérimentale : des réacteurs de ce genre se construisent dans le monde entier à une cadence extraordinaire. Beaucoup d'universités auront prochainement le leur, et on a entendu dire qu'une quinzaine d'universités soviétiques en disposaient déjà, ce qui a permis la formation de nombreux techniciens.

Production d'énergie. — L'avènement de l'âge atomique coïncide avec une augmentation considérable des besoins en énergie. On prévoit que l'humanité en consommera 50 pour 100 de plus en 1975, et trois fois plus en 2000, équivalant à 7 à 8 milliards de tonnes de charbon. L'énergie atomique pourrait les fournir aisément. En attendant, d'ici cinq ans, on peut escompter l'installation de dix centrales atomiques comprenant des réacteurs de 200 000 kW (ce chiffre exprime la chaleur produite et non la quantité d'énergie utilisable).

En utilisant des dispositifs spéciaux nommés « breeders » [1], il est possible d'obtenir au cours même du fonctionnement de la pile plus de matière fissible qu'elle n'en consomme. Plus exactement, on peut, à partir de l'uranium 235, seul élément naturel fissible, transformer l'uranium 238 en plutonium et le thorium en uranium 233, tous deux fissibles, et utilisables à la place de l'U 235 initial. Ainsi 1 kg d'uranium naturel (à 0,07 pour 100 d'U 235) peut être, au point de vue thermique, l'équivalent d'un million de tonnes de charbon.

Les prix de revient sont du même ordre de grandeur. Si les investissements semblent devoir être au moins de 50 pour 100 plus élevés, le prix du combustible nucléaire, selon certains calculs présentés à Genève, se stabiliserait aux environs de la moitié du prix des combustibles classiques. Ces évaluations sont encore l'objet de discussions. Mais on s'accorde au moins pour dire que la question n'est pas essentielle. L'utilisation de l'énergie atomique apparaît de toute façon comme le seul moyen de multiplier l'énergie actuellement disponible dans le monde par un facteur suffisant, en un laps de temps relativement court.

D'autre part, certaines régions auront de toute façon intérêt à créer sur place l'énergie nécessaire au moyen de réacteurs nucléaires, au lieu d'acheminer sur des milliers de kilomètres les tonnes de combustibles classiques qui leur seraient indispensables : tel est le cas des installations minières de certains états d'Afrique du Sud, en particulier des Rhodésies.

1. Voir *La Nature*, juin 1954, p. 206. Les principes de fonctionnement des réacteurs sont également rappelés dans cet article.

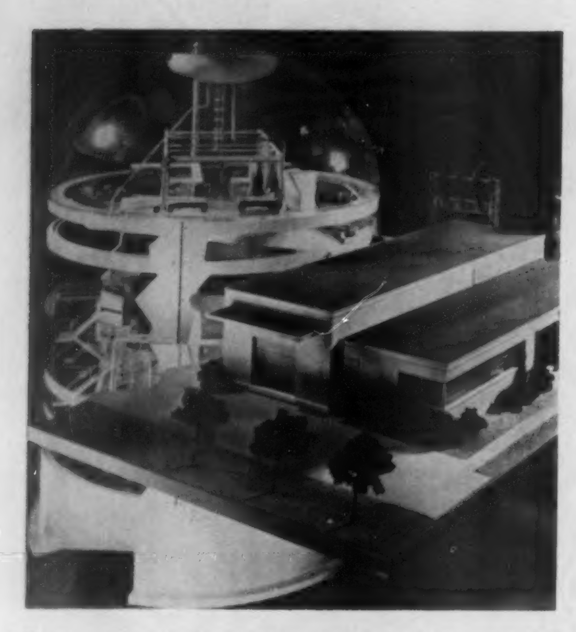


Fig. 4. — *Maquette de centrale atomique avec réacteur à ébullition d'eau, construite près de Chicago par le Laboratoire national Argonne.*
Ce réacteur engendrera de la chaleur à une puissance de 20 000 kW, qui serviront à produire de l'électricité à 5 000 kW. Le réacteur et le turbogénérateur sont logés sous la coupole qui, dans la centrale réelle, est en acier (à gauche). Le bâtiment de droite abrite les organes de commande et de contrôle (*Photo U.S.I.S.*).

Recherches physiques et technologiques. — Il va de soi que les réacteurs expérimentaux peuvent servir en premier lieu à la détermination des caractéristiques des réactions nucléaires. Parmi les secrets les plus soigneusement gardés figuraient les résultats des mesures, extrêmement délicates, des « sections efficaces » des noyaux à l'égard des neutrons (On appelle section efficace le rapport du nombre de réactions observées qui se produit par unité de temps et par noyau au nombre de particules incidentes tombant sur la cible par unité de temps et par unité de surface). On s'est aperçu avec une certaine satisfaction intellectuelle que des savants sans contact les uns avec les autres, par des méthodes parfois assez différentes, sont arrivés aux mêmes résultats avec une excellente approximation.

C'est toute la physique théorique du noyau qui vient de faire en quelques années des progrès considérables; liées au problème du neutrino, des mesures de sections efficaces nous aventurent dans des domaines de grandeur de l'ordre de 10^{-44} cm^2, repoussant de près de douze puissances de 10 notre regard vers l'infiniment petit.

Enfin la technologie du réacteur elle-même a exigé des recherches scientifiques d'une importance primordiale : ainsi des quantités croissantes d'irradiation neutronique produisent une expansion anisotropique des cristaux de quartz dont le volume augmente considérablement (plus de 14 pour 100). Un diapason en monocristal de cuivre ne sonne pas sous l'action d'un choc par suite du frottement interne considérable de ce matériau; or il suffit de 10^{15} neutrons par cm^2 pour qu'il émette dans les mêmes conditions un son clair et prolongé. L'action sur les verres provoque des colorations dont on ne connaît pas encore bien les causes (trappes « piégeant » des électrons ?).

Les isotopes radioactifs. — Fournis en abondance par les réacteurs nucléaires comme sous-produits inévitables et qui, si on ne les extrayait pas, « empoisonneraient » les piles, les radioisotopes se prêtent à un grand nombre d'applications pratiques ou scientifiques qui se développent rapidement et dont *La Nature* a déjà donné plusieurs exemples. La possibilité de suivre les déplacements d'une matière par incorporation d'éléments radioactifs est évidemment précieuse; le procédé est appliqué usuellement, par exemple à l'étude des déplacements des bancs de sable des plages ou de la vase des estuaires, à la détection dans un pipe-line de la surface de séparation de deux bruts pétroliers en mouvement, ... La mesure facile de la radioactivité permet d'élégantes techniques de mesure dans des domaines très variés : abrasion des pneus ou des garnitures de frein, efficacité d'un mélangeur homogénéiseur, etc.

En tant qu'outil scientifique les traceurs radioactifs constituent le procédé le plus précieux d'investigation du mécanisme des réactions chimiques ou des processus biologiques. Cela n'est pas nouveau et des travaux importants ont déjà été effectués avec cette technique. Le fait actuel est simplement la mise à notre disposition en abondance d'atomes marqués ou de molécules qui les contiennent. De ces applications nous ne citerons ici comme exemple que celle qu'a choisie M. Koursanov pour thème de sa conférence dans une séance plénière de Genève : l'étude de l'assimilation du gaz carbonique par les plantes. Faisant la synthèse des nombreux travaux américains et russes, il a montré comment on a pu établir que les composés organiques formés dans les feuilles descendent vers les racines à la vitesse de 40 à 100 cm par heure. Les racines absorbent également le CO_2 du sol qui se fixe sur certaines des molécules précédentes avec formation de composés carboxylés, points de départ des aminoacides qui s'élaborent aux dépens de l'azote organique du sol. En fait l'analyse détaillée de ces phénomènes est plus délicate et méritera ici-même une étude plus étendue.

Actions chimiques et biologiques des rayonnements. — Les rayonnements issus des atomes radioactifs agissent très brutalement : ils brisent les molécules là où ils les ont touchées. Les morceaux de molécule, qui sont de véritables radicaux libres, prennent une structure stable, soit par réarrangement interne, soit par combinaison entre eux ou avec d'autres molécules; dans certains cas ils pourront constituer les germes de réactions en chaînes et provoquer par exemple des chlorations, des oxydations ou des polymérisations. Ce dernier point a déjà fait l'objet d'applications industrielles.

Il y a d'autre part des cas où un très faible pourcentage de réactions chimiques suffit à modifier l'aspect physique d'un matériau. C'est le cas du polythène dont les molécules irradiées se soudent les unes aux autres en un très petit nombre de points. Le réseau macromoléculaire ainsi formé est beaucoup plus résistant à la chaleur et les produits obtenus peuvent subir une stérilisation sans que leur résistance mécanique s'effondre complètement.

Enfin, dans le cas particulier de l'action des neutrons, les édifices moléculaires peuvent être également perturbés, mais en outre, des atomes nouveaux peuvent prendre naissance par transmutation. Cette technique permet de doser certains éléments à l'état de traces. On a même envisagé de traiter par un flux de neutrons un organisme animal dans lequel auraient été introduites de faibles teneurs d'un composé présentant une grande section efficace pour les neutrons et susceptible en outre de se localiser dans certaines tumeurs (bore). Après irradiation, la radioactivité des corps formés aux dépens du bore décélerait les accumulations éventuelles de ce corps dans l'organisme.

L'action brutale des rayonnements sur les édifices chimiques laisse présager la nature et l'ampleur de leur influence sur les organismes vivants. Le public a déjà été informé des inquiétudes exprimées à ce sujet par certains biologistes.

Tout se passe comme si l'organisme exposé aux radiations se trouvait soumis à un flux abondant de rayons cosmiques d'une fréquence infiniment plus grande que celle qu'il est habitué à supporter. Il en résulte, d'une part, des lésions par-

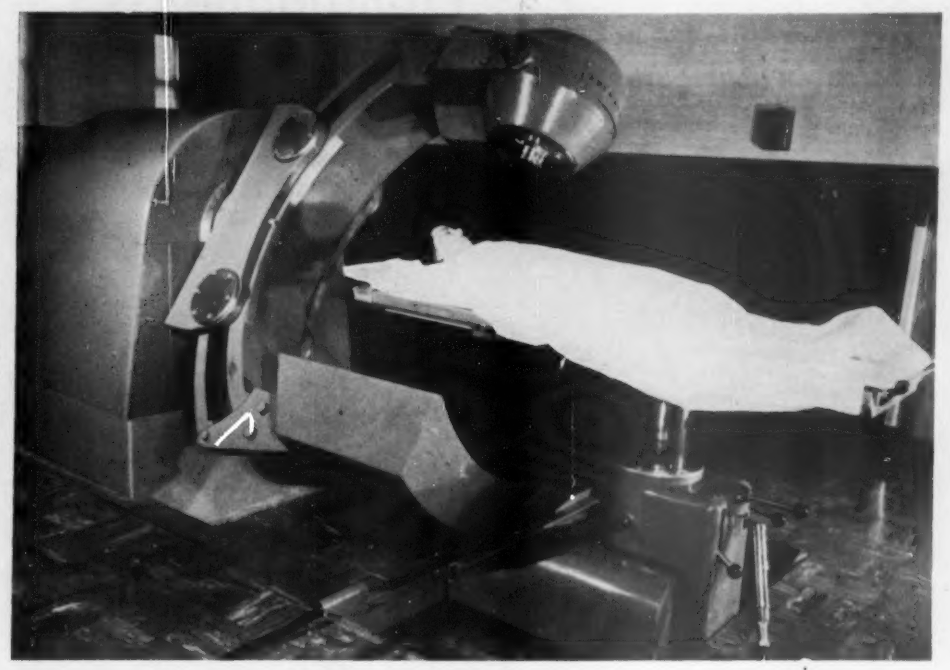


Fig. 5. — *Table médicale canadienne pour l'application localisée de rayons γ issus du cobalt 60.*

Grâce à la rotation continue du bras porteur de la source radioactive (bras supérieur dans cette photographie) équilibré par un contrepoids (bras inférieur), il est possible d'irradier intensément un faible volume du corps du malade, situé sur l'axe horizontal de rotation, tandis que les tissus voisins ne reçoivent que des doses très faibles.

(Photo Atomic Energy of Canada).

fois irréparables; d'autre part, éventuellement, des modifications des caractéristiques génétiques de l'espèce.

C'est un fait frappant qu'un chromosome touché par certains rayonnements se brise, alors que seul a pu être lésé un maillon d'une des chaînes macromoléculaires qui le constituent. A ce phénomène sont liées les apparitions de mutations dont on peut se demander dans quelle mesure elles ne risquent pas de modifier gravement l'équilibre génétique d'une population. En revanche, l'expérimentation biologique pourrait elle-même en tirer parti. D'autre part, des composés organiques comme les amines-thiols, la cystéine, les thiuroniums auraient, contre l'action des rayonnements sur les organismes, des propriétés préventives ou curatives dont on espère tirer parti.

On a déjà songé d'autre part à utiliser les rayonnements pour stériliser certains produits et notamment les conserves. Mais leur action peut ne pas se limiter aux effets souhaités : des acides aminés nouveaux peuvent prendre naissance, auxquels l'organisme n'a en général pas affaire et dont on pourrait craindre qu'ils entraînent, même à faible dose, des actions métaboliques imprévues. De longues recherches sont donc encore nécessaires avant de songer à faire passer certaines applications dans la pratique courante.

*
* *

Que ce soit dans le domaine de l'énergie ou dans n'importe quel autre, la science nucléaire met à la disposition de l'homme des moyens d'une puissance sans précédent. Plus que jamais il faut souhaiter, selon une formule déjà classique, qu'il sache dominer cette puissance et ne pas être dominé par elle.

Le développement des transports aériens en Afrique orientale

Il y a 25 ans, on mettait en service la première ligne régulière de l'Afrique orientale britannique. Le supplément colonial du *Times* attire l'attention sur l'essor remarquable de l'aviation civile dans ce secteur, groupant l'Ouganda, le Kenya et le Tanganyka. 42 lignes sont actuellement desservies, jouant un grand rôle dans ces pays où routes et voies ferrées sont peu nombreuses. 73 000 passagers ont été transportés en 1953, et 1 400 t de fret (légumes frais, poissons et quartiers de viande frigorifiés, tabac, lait, semences de thé, journaux). Ces chiffres ont encore été dépassés en 1954, atteignant notamment 85 000 passagers. Le revenu total a atteint un million de livres (un milliard de francs), laissant un bénéfice net de 3 288 livres ; la compagnie des lignes aériennes d'Afrique orientale (East African Airways) est ainsi l'une des rares compagnies au monde à boucler son budget. Elle opère en coopération avec la British Overseas Airways (B.O.A.C.), Air France, la Sabena belge, Air India, les Scandinavian Airlines, les South African Airways et les lignes israéliennes.

Un gros effort a été fait en vue d'aménager des aéroports modernes pouvant recevoir n'importe quel type d'appareil actuel. Le nouvel aérodrome de Dar-es-Salam (Tanganyka) couvre une superficie de 400 ha ; trois vallons ont été comblés, 200 fourmilières ont dû être détruites, 1 300 000 m^3 de déblais ont été remués ; un système de drainage a été mis en place afin d'évacuer les eaux de pluie, particulièrement abondantes dans la zone équatoriale. Une piste de 2 000 m en ciment a été construite ; l'équipement général est ultra-moderne (radio, contrôle, signalisation), L'inauguration a eu lieu en octobre 1954.

Un autre aéroport est en cours de construction à Embakasi, près de Nairobi, capitale du Kenya. Il existe déjà deux aérodromes dans cette région, Eastleigh et Nairobi West ; mais ils sont insuffisants et leur site interdit tout agrandissement ; le premier est utilisé surtout par la R.A.F. dans les opérations contre les Mau-Mau ; le second longe une réserve animale, d'où les lions viennent rôder sur la piste la nuit. Le nouvel aéroport disposera d'une piste de 3 000 m ; les travaux, commencés en 1953, doivent être achevés en 1956, au prix de 2 millions de livres sterling.

La Dominique

asile des derniers autochtones antillais

Colonie britannique à gouvernement représentatif, rattachée administrativement depuis le 1er janvier 1940 au groupe des Iles du Vent, la Dominique, qui gît par 15°30 lat. N. — sensiblement la hauteur de Saint-Louis du Sénégal — et 61°20 long. O., s'insère dans l'arc des Petites Antilles entre les départements français de la Martinique et de la Guadeloupe (fig. 1). 55 000 personnes y vivent assez pauvrement sur quelque 800 km² (densité : environ 70, chiffre faible aux Antilles). L'intérêt de cette île longue de 47 km et large de 25 n'est pas d'ordre économique; négligée jusqu'à ces dernières années, encore mal mise en valeur, elle apparaît surtout comme un ultime vestige d'une époque révolue, celle où les « Isles » évoquaient à l'esprit la gracieuse nonchalance créole et l'exubérance d'une nature peu ou pas humanisée où abondaient les paysages romantiques à la Bernardin de Saint-Pierre.

Caractères physiques. — Très montagneuse, la Dominique frappe par la massiveté de son relief jeune, mal articulé; des vallées étroites débouchent sur de rares plages de sable qui rompent l'abrupt rempart des falaises. La forêt règne à peu près partout, sauf sur une frange littorale consacrée aux cultures. D'origine volcanique comme ses voisines, la Dominique comprend trois parties caractérisées par leur relief : le Nord avec les massifs du Morne [1] au Diable et du Morne Diablotin (1 450 m), point culminant; le centre, région de mornes moins élevés, vaguement parallèles à la côte, qui entourent un plateau d'une altitude moyenne de 500 à 600 m; le Sud qui remonte et se hérisse de plusieurs sommets, dont le Morne Trois Pitons, presque aussi haut que le Diablotin. Rares et exiguës sont les plaines. Selon la tradition, on compterait 365 rivières, autant que de jours dans l'année, toutes à régime torrentiel. Beaucoup ne se franchissent qu'à gué ou sur des ponts précaires, parfois en lianes, accessibles aux seuls piétons. Certaines ont une largeur et un débit bien supérieurs à celles de la Martinique ou

1. Ainsi nomme-t-on, dans les Iles, montagnes et collines.

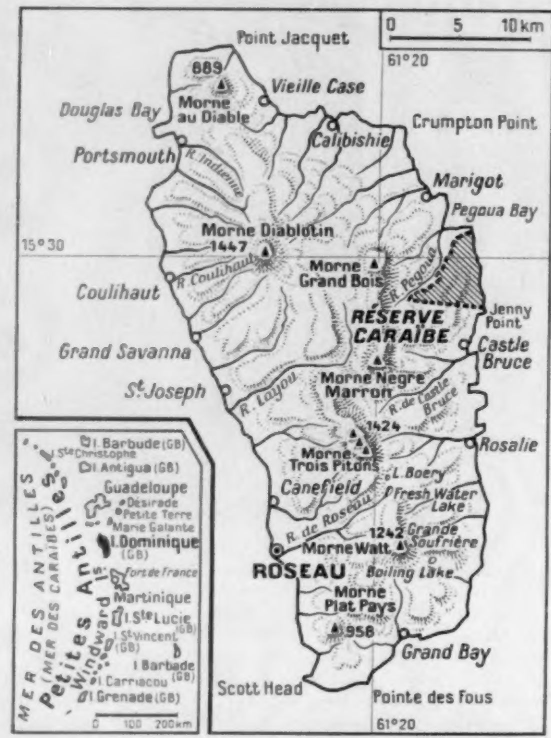


Fig. 1. — *La Dominique et sa situation dans les Petites Antilles.*
En hachures, la Réserve Caraïbe.



Fig. 2 et 3. — *A gauche :* ***Petit pont suspendu près de l'embouchure de la Pegoua.*** — *A droite :* ***La rivière de Roseau : pont suspendu et plantation de citronniers*** (Photos L. Thomas).

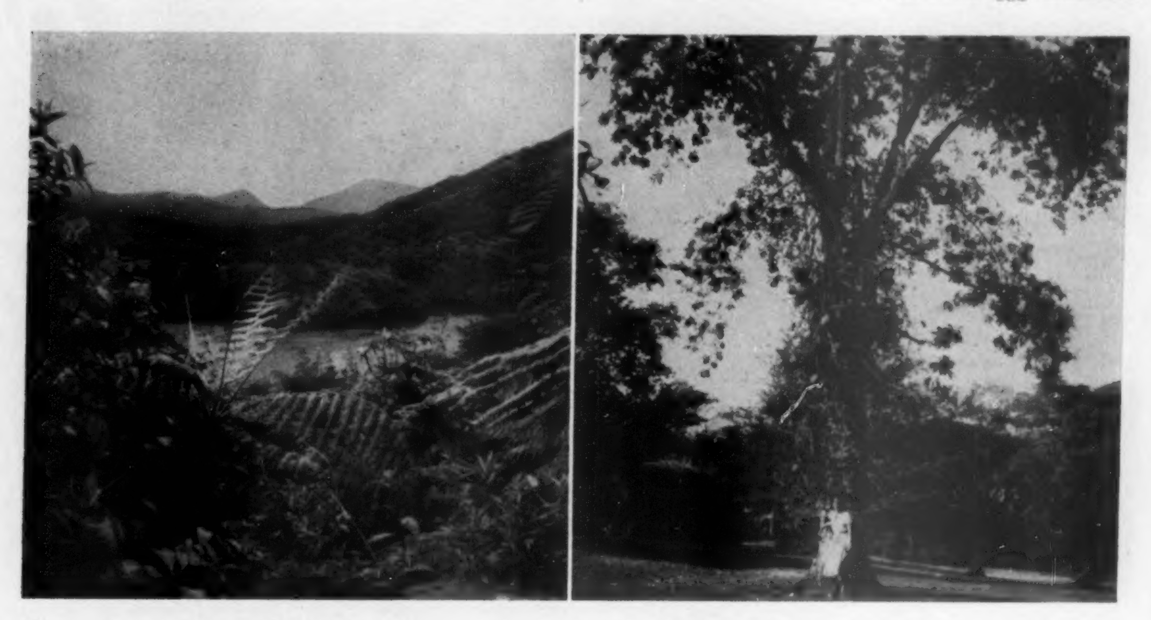


Fig. 4 et 5. — *A gauche* : **Le Fresh Water Lake.** — *A droite* : **Dans le jardin botanique de Roseau : l' « arbre à boulets de canon ».**
(*Photos* L. Thomas).

de la Guadeloupe : citons la Pegoua qui se jette dans l'Atlantique (fig. 2); la mer Caraïbe reçoit la rivière Indienne, la rivière de Roseau (fig. 3)et surtout la Layou. La partie méridionale renferme trois lacs : le Boiling Lake aux eaux sulfureuses et très chaudes, le lac Boéri et le Fresh Water Lake ou lac d'eau douce (fig. 4).

Climat et paysage végétal. — De type tropical insulaire, le climat se caractérise par une très forte humidité (extrême nébulosité en altitude : les cimes s'enveloppent de ces foulards et de ces écharpes dont parlait Lafcadio Hearn à propos de la Pelée à la Martinique), une température chaude avec d'assez faibles écarts moyens entre la saison dite fraîche (décembre à février) et la saison des grandes pluies (juillet à novembre) à chaleur moite et écrasante. Cependant, la Dominique apparaît moins débilitante que la Trinité, Sainte-Lucie ou la Guadeloupe; les oscillations thermométriques y ont une amplitude supérieure et, même en septembre ou octobre, on n'y éprouve pas aussi fortement la sensation d'accablement propre aux autres îles. Comme dans celles-ci, la région orientale, au vent, reçoit plus de pluie que la côte sous le vent à l'ouest.

Si la mangrove — la zone à palétuviers — est presque inexistante et si la zone xéro-héliophile à mancenilliers et à cactus n'occupe qu'une étroite bande littorale sous le vent, en revanche la forêt côtière mésophytique à palmiers [« glouglou » : *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.; — latanier : *Coccothrinax martinicensis* Becc.; — « coco nain » : *Rhyticocos amara* (Jacq.) Becc.] et à « poiriers » (*Tabebuia*) monte jusqu'à 300 ou 400 m. Elle cède la place à la grande forêt primaire hygro-sciaphile dense qui s'efface elle-même à partir de 800 m devant le type sylvatique à palmistes-montagne (*Euterpe*). Au delà de 1 100 à 1 200 m ne subsiste plus que la savane mouillée à sphaignes, émaillée de nombreuses fleurs de Broméliacées.

Les grands bois sont le domaine des fougères arborescentes, des épiphytes, des lianes, des orchidées, de hauts gommiers blancs (*Dacryodes hexandra* Griseb.), des « châtaigniers » (*Cupania americana* L.), des balatas (*Manilkara* et *Pouteria*), des gigantesques acomats (*Mastichodendron*); relativement giboyeux, ils abritent des agoutis, des hordes de porcs issus de bêtes retournées à l'état sauvage au XVIe siècle, des iguanes, des sarigues (*Didelphis marsupialis*), des perroquets, verts avec quelques plumes rouges, [*Chrysotis augusta* (Vig.)]. Les serpents venimeux sont inconnus; seuls représentent l'ordre des Ophidiens un boa endémique de la Dominique et de Sainte-Lucie long de 3,50 m au maximum, le « tête-chien » [*Constrictor constrictor Orophias* (Linné)] et une « couleuvre », petit serpent inoffensif.

Économie. — Le tiers de l'île environ est consacré aux cultures : plantations d'agrumes qui prospéreraient beaucoup plus si elles ne subissaient le handicap de communications malaisées; cocoteraies; bananeraies en plein essor depuis deux ou trois ans. La canne à sucre, comme le cacaoyer et le vanillier, joue un rôle effacé; consommation familiale mise à part, elle ne trouve de débouchés que dans deux distilleries de rhum (les sucreries ont disparu au cours du XIXe siècle, avec le départ des planteurs, après l'émancipation des esclaves) qui, en compagnie d'une savonnerie-huilerie, d'une manufacture de cigarettes à bon marché, d'un établissement frigorifique, d'une fabrique de boissons gazeuses et d'une petite centrale hydroélectrique, constituent les seules entreprises industrielles. Une usine de conserves de fruits a brûlé en 1954.

Les importations ont atteint, en 1951, un total de 1 088 000 livres sterling contre 569 000 d'exportations.

Si la grande plantation s'accroît grâce au *Colonial Development Corporation*, la population tire encore ses principales ressources, non du travail salarié, mais de la culture et de l'élevage familiaux — quelques chèvres et moutons, des porcs et de la volaille en liberté, parfois une vache — auxquels s'adjoint la pêche en mer.

Villes et communications. — Le chef-lieu, Roseau, petit port endormi de 10 000 âmes au sud de la côte caraïbe, souffre de ne disposer que d'une rade foraine mal abritée où s'ancrent irrégulièrement pour quelques heures les paquebots de la *Compagnie Générale Transatlantique*, de l'*Alcoa* ou de lignes canadiennes; les goélettes mêmes n'accostent pas la modeste

jetée qu'abordent uniquement vedettes et barques. Ville dénuée de pittoresque, pauvre mais propre, Roseau s'enorgueillit d'un remarquable jardin botanique où prospèrent essences asiatiques et guyanaises (fig. 5).

Avec ses 3 000 habitants, Portsmouth, la seule autre ville, végète quoiqu'elle occupe au nord de la côte sous le vent une excellente baie, la meilleure de l'île, où amérit deux fois par semaine un minuscule hydravion de la *British West Indian Airways*, qui dessert les Antilles anglaises et la Guyane britannique. Un navire bananier y vient maintenant régulièrement. Une liaison bi-hebdomadaire avec le chef-lieu est assurée en quatre heures par une vedette assez archaïque. Les routes, insuffisamment développées et étroites, mais entretenues de façon irréprochable — le contraste est saisissant avec les îles françaises —, ne dépassent pas 200 km de longueur. Les transports en commun s'y effectuent par camions aux horaires capricieux, où s'entassent pêle-mêle gens, bêtes et bagages.

L'homme. — La population, composée presque exclusivement de Noirs métissés dans les proportions les plus diverses, mène une vie calme et insouciante. Les Blancs créoles, planteurs de père en fils, sont peut-être moins de cinquante; en tout petit nombre, quelques fonctionnaires métropolitains occupent des postes d'autorité, conjointement avec des hommes de couleur originaires des autres îles britanniques. Les Syriens et Libanais détiennent, à Roseau en particulier, une bonne part du commerce. Enfin, 500 personnes environ, se disant Caraïbes, vivent groupées dans une réserve de la côte au vent.

La Dominique constitue un centre permanent d'émigration, temporaire ou définitive; ainsi elle échappe au dilemme île-carrefour ou île-prison. Lors des campagnes sucrières, la Guadeloupe, Marie-Galante voient arriver les ouvriers. L'émigrant peut rester une ou plusieurs années dans le pays qui l'accueille; parfois, il s'installe sans esprit de retour dans les autres Antilles anglaises, en Guyane britannique, à Curaçao.

Si l'anglais occupe le rang de langue officielle, et s'il est effectivement parlé par la majeure partie des habitants, l'idiome maternel des Dominicains n'en reste pas moins le créole dont on entend les chantantes sonorités dans toutes celles des Petites Antilles qui connurent ou connaissent la présence française.



Fig. 6. — Vue de Salybia (Réserve Caraïbe) : l'église et l'école.

Pratiquement abandonnée aux indigènes jusqu'au XVIIIe siècle, la Dominique fut colonisée par les Français; bien que le traité de Paris, en 1763, nous eût contraints à la céder à l'Angleterre, nous y demeurâmes grâce aux royalistes de la Martinique et de la Guadeloupe qui s'y enfuirent en 1792 et 1793, au nombre de 4 000. Aujourd'hui le clergé, français en majorité, contribue à maintenir discrètement notre influence. Catholiques pour la plupart, les habitants de l'île sont également sollicités par diverses sectes protestantes : Témoins de Jéhovah, Méthodistes, Méthodistes réformés, Adventistes du septième jour.

Les fléaux sociaux sont ici à peu près les mêmes que dans toutes les Antilles : tuberculose, lèpre, maladies vénériennes, pian (spirochétose à *Treponema pertenue*, affection qui présente de nombreuses analogies avec la syphilis, mais n'est pas transplacentaire), alcoolisme quoiqu'à un moindre degré que dans les îles rhumières; en revanche, la bilharziose et l'éléphantiasis, d'origine filarienne ou infectieuse, semblent inconnus. Peu de paludisme également.

Les Caraïbes

Pour l'ethnologue spécialiste des Amérindiens, la Dominique est, du Venezuela à la Floride, la seule terre qui offre encore quelque intérêt. Une poignée de Caraïbes abâtardis achève de s'y éteindre.

Ces Caraïbes insulaires représentent un croisement de Caraïbes proprement dits et d'Iñeri (de stock linguistique arawak). Tous venaient du continent sud-américain; derniers arrivés, deux ou trois siècles avant la découverte peut-être, les Caraïbes refoulèrent et massacrèrent les pacifiques Arawak, mais s'approprièrent leurs femmes. Il en résulta un curieux dualisme linguistique : chaque sexe avait son idiome. Évangélisés en pure perte au XVIIe siècle, relégués sur la côte atlantique par les colons, ils y vécurent en paix; leur nombre ne laissa pas toutefois de diminuer. Estimés à 928 en 1727, à 30 familles en 1812, ils ne sont plus que 125 en 1853. En 1903, on crée pour eux une réserve où tous ne viennent cependant pas.

Aujourd'hui, on peut rencontrer quelques Caraïbes dans différents villages de la côte orientale, Marigot, Wesley, Vieille Case, sis hors de la réserve. Un dernier événement devait marquer leur histoire; une affaire de contrebande peu claire provoqua la « Guerre caraïbe », de simples troubles qui les opposèrent aux policiers noirs en 1930 : il y eut deux tués et plusieurs blessés. Le calme ne se rétablit que lorsqu'un bateau de guerre britannique croisa au large, menaçant de tout anéantir. On a depuis édifié à Salybia, centre administratif de la réserve, un poste de police à côté de l'église et de l'école (fig. 6).

L'ultime domaine indien, collectif, inaliénable, incessible et insaisissable, s'étend en ligne droite sur une façade maritime de 5 km environ et couvre 20 à 25 km² (fig. 1), dominé par une chaîne de collines parallèle à l'océan, qui émet vers le littoral des éperons séparés par des « fonds ». Aussi le « chemin la reine », non carrossable, ouvert sous le règne de Victoria, qui dessert une bonne partie de la côte au vent et qui traverse du nord au sud la réserve présente-t-il l'aspect de montagnes russes.

Sur ce territoire habitent 500 personnes : « Francs Caraïbes » ou « Bâtards Caraïbes », c'est-à-dire métissés. La contexture de la chevelure, raide au lieu d'être crépue, constitue, pour les intéressés, le critère de la pureté raciale. En réalité, 50 individus à peine peuvent passer pour de purs Indiens : rien ne prouve que même ceux-là n'ont pas reçu une infusion de sang noir, car dès le XVIIe siècle intervinrent des croisements avec des esclaves africains possédés par les belliqueux Callinago. On rencontre aussi de véritables Nègres car, vu leur nombre réduit, les Caraïbes doivent, malgré leur complexe de supériorité, épouser des femmes de couleur; en outre, on ne parvint pas, en 1903, à éliminer du territoire transformé en réserve toutes les familles non indiennes qui y résidaient.



Fig. 7, 8, 9. — *A gauche* : **Jeune homme caraïbe allant aux champs avec la « djola ».** — *Au milieu* : **Jeune « bâtarde » caraïbe rapportant de l'eau dans des calebasses.** — *A droite* : **Femme caraïbe de 27 ans environ** (*Photos* L. Thomas).

Caractères ethniques. — La diagnose du Caraïbe, qui ressemble fort à un Mongoloïde, se résume ainsi : petite taille (1,60 m pour les hommes; 1,52 pour les femmes); teint jaune légèrement cuivré; yeux brun noir ou brun foncé, petits, parfois avec épicanthus et pli transversal; cheveux noirs droits et gros; mésorhinie; subdolichocéphalie; pommettes saillantes chez l'homme; mains et pieds assez fins; femmes subbrévilignes; pilosité peu développée (fig. 7, 8, 9).

Au moral, de grands changements se sont manifestés depuis qu'un prêtre, le R. P. Delawarde, les visita en 1936. Ils lui apparurent alors timides, méfiants, peu bavards. Les vingt dernières années ont vu disparaître presque tous les gens d'âge mûr ou les vieillards qui conservaient quelques bribes des croyances traditionnelles. De plus, une route passe maintenant à 4 km de la réserve, entraînant le développement des plantations, l'apparition de visages inconnus. En 1948, des cinéastes les firent poser pour reconstituer le débarquement de Christophe Colomb. Plusieurs chercheurs ou savants se sont également rendus à la réserve. Autant d'événements importants dans un milieu où il ne se passe rien, autant de révélations d'un monde sans points communs avec le cadre traditionnel qui, lui, disparaît en même temps que l'isolement. Mais si, aujourd'hui, les Caraïbes sont liants et quémandent sans vergogne rhum ou tabac, voire une pièce de monnaie, on ne saurait cependant ne pas être frappé par le calme, le silence qui règnent dans cette réserve, formant contraste avec les cris et l'animation des villages nègres. On ne danse, au son d'une sorte de tambour de basque fait en peau de chèvre, qu'à l'occasion de rares fêtes.

Mode de vie. — Montée sur pilotis, la case en bois, avec son toit à double pente couvert d'essentes, a remplacé la demeure originelle ou *mouinan*, pièce unique à section triangulaire, édifiée directement sur le sol, et employée comme resserre quand elle a subsisté (fig. 10). A la période des cyclones, d'août à octobre, on étaie la case. Deux ou trois pièces renferment quelques meubles simples parmi lesquels se remarquent un lit à colonnes, legs culturel des premiers colons par l'entremise des Noirs, et un canapé de bois transformé en couche pour la nuit. A l'écart, une hutte, la cuisine, abrite un foyer supporté par une plateforme, et un mortier — tronc d'arbre creusé — pour piler le café. Toutes les cases se situent sur le versant qui regarde la mer et offrent un parfait exemple d'habitat dispersé. Pas de village; Bataka au Nord, Saint-Cyr au Sud ne constituent que des aires où la force de répulsion que semble recéler chaque case perd un peu de sa virulence. Entre les deux, Salybia sommeille dans un fond.

Un jardin de case, peu étendu, produit des légumes — ceux qui ne forment pas le fond de l'alimentation — et divers arbres cultivés ou subspontanés : cocotiers, papayers, orangers, citronniers, caféiers, riciniers dont l'huile sert à lisser les chevelures féminines, arbres à pain surtout dont les soroses mûrissent d'août à novembre. Le long des sentiers abondent les manguiers aux drupes riches en provitamine A.

Sur la cime des mornes et sur le versant opposé à l'océan s'étendent les « jardins », ou plutôt les champs, produits de la culture itinérante sur brûlis. Sans autres instruments ara-



Fig. 10. — **Une « mouinan » à Bataka** (*Photo* L. Thomas).



Fig. 11, 12, 13. — *A gauche* : ***Presse à canne.*** — *Au milieu* : ***Moulin à manioc employé par la population noire.*** — *A droite* : ***Une « djola », hotte en racines aériennes de palmiste*** (*Photos* L. Thomas).

toires que le bâton à fouir et le coutelas, les Caraïbes obtiennent bananes (fruits et légumes), patates douces, canne à sucre, ignames, maïs, et les plats de résistance : manioc, choux de Chine (les « taros » polynésiens : *Colocasia antiquorum* Schott) et choux caraïbes (*Xanthosoma* spp.). Le manioc râpé donne une farine dont on fait des galettes, la cassave, après élimination, par pressurage dans un linge, de l'acide cyanhydrique qu'elle renferme (fig. 12). Le jus de la canne s'exprime au moyen d'une presse primitive (fig. 11) qui se retrouve en Guyane. Au bout de deux ou trois ans, lorsqu'est devenu inapte à la culture un sol que les cendres potassiques des végétaux brûlés avaient amendé, on abandonne le champ aux buissons, les plantes à tubercules, et le manioc en particulier, étant très épuisantes.

La cueillette fournit le chou-palmiste, diverses baies, du miel d'abeilles sauvages, des crabes terricoles capturés de nuit à la lueur de torches de « bois chandelle » (*Amyris elemifera* L.), des œufs de tortues marines (caret : *Eretmochelys imbricata* L., et tortue franche : *Chelonia mydas* L.) enfouis dans le sable chaud entre juillet et octobre, des « amandes » de *Terminalia catappa* L.

Mais l'économie caraïbe est une économie mixte de culture — ou d'horticulture — et de pêche. Le poisson malheureusement se raréfie dans ces parages; on pratique la pêche à la traîne, au harpon, au casier ou, tant de jour que de nuit, à l'épervier lancé du haut des rochers qui bordent la côte. A la pleine lune, on prend à l'épuisette les *titiri*, larves d'un Gobiidé marin, qui s'accumulent à l'embouchure des rivières (fig. 14). Celles-ci sont d'ailleurs poissonneuses : on s'empare des « mulets » (*Agonostomus monticola*), des « têtards » (*Gobiesox cephalus*), des « loches » (*Sicydium plumieri*), des « dormeurs » (*Eleotridæ* spp.), des anguilles (*Anguilla rostrata*), et de différents crustacés d'eau douce à la main ou avec des plantes dont les roténones intoxiquent les poissons [*Diospyros ebenaster* Retzius, *Clibadium sylvestre* (Aubl.) Baillon...].

Quant à la chasse, elle a pour uniques auxiliaires des chiens non dressés et des pièges; aussi tombe-t-elle en désuétude : manque d'efficacité sans doute par suite de l'absence d'armes à feu et de la disparition de l'arc depuis plus d'un siècle, mais aussi désintérêt à l'égard des occupations ancestrales non indispensables. Tissage, poterie, confection des hamacs et des « couleuvres » (long fourreau élastique en vannerie destiné à exprimer le poison du manioc) ont disparu également.

Un maigre élevage, à peu près semblable à celui des Noirs, fournit presque seul la viande. Aussi, gavés de bananes, de rhizomes, de tubercules — nourriture de misère —, manquant de protéines, les Caraïbes connaissent-ils la sous-alimentation et la malnutrition. Cependant, le stock est vigoureux, en dépit des pneumopathies suscitées par l'alcoolisme, le déséquilibre diététique et peut-être une sensibilité ethnique spécifique.

Techniques de fabrication. — Elles sont aujourd'hui représentées par la confection des paniers et des « canots ». Disposant d'une très grande variété de plantes sauvages ou cultivées propres à la vannerie, le Caraïbe fait preuve d'une habileté, d'une ingéniosité remarquables. Citons, parmi ses multiples travaux : le *panier caraïbe*, espèce de valise; le *panier cocaille* à fond hexagonal; le *kali* pour attraper les poissons volants; le *djokom*, genre de carnier; la *djola*, hotte en racines aériennes du palmiste portée par les hommes quand ils vont aux champs (fig. 7 et 13); l'*hébichet*, tamis pour la farine de manioc; des corbeilles polychromes aux fibres colorées en jaune avec du « safran » (*Curcuma longa* L.), en violine avec la feuille du bois tan (*Picramnia pentandra* Sw.), en noir par enfouissement durant quelques jours dans des bourbiers, en vert ou rose avec de la teinture achetée à Roseau ou Portsmouth.

Les femmes confectionnent des lattes de latanier ou de vétiver, ainsi que des tresses de « roseau » [*Gynerium sagittatum* (Aubl.) Beauv.] ou de *bakoua* (*Pandanus utilis*) pour chapeaux. Le fil des lignes et les ficelles — tirés d'agaves ou d'une forme d'ananas sauvage —, les cordes en écorce de *maho* (nom donné à divers arbres) sont l'œuvre des hommes. A eux aussi échoit la fabrication du « canot », barque longue de 3,50 m à 6 m. Un tronc de gommier est creusé à la hache et à l'herminette. Halée par une quinzaine d'hommes jusqu'à une plage, la pirogue, à demi remplie d'eau de mer et de centaines de kilogrammes de pierres, se dilate pendant un mois ou deux (fig. 15 et 16). Des feux allumés de part et d'autre l'amènent alors à l'écartement voulu. Il ne reste plus ensuite qu'à façonner l'avant et l'arrière, à fixer un plat-bord et cinq bancs transversaux; on taille quatre rames, un mât pour la voile faite de morceaux de sacs. L'enduit extérieur est un mélange de goudron, d'huile de foie de requin et de résine de gommier. Tout ce travail s'effectue avec peu d'outils : la place d'honneur revient au coutelas *omnibus*.

L'esquif robuste permet de s'aventurer fort loin, et même

de gagner les îles voisines. Avec les petites sommes que lui rapportent la vente de ses pirogues, livrées jusqu'à la Martinique, et celle de sa vannerie et d'une minime quantité d'agrumes, le Caraïbe achète quelques objets ménagers et quelques produits d'épicerie : savon, sel, allumettes, pétrole, huile, morue séchée, rhum, tabac. Depuis 1950, un épicier noir établi hors de la réserve fabrique de petits pains de 3 pence, très appréciés. Les articles vestimentaires occupent peu de place dans le budget familial : un costume convenable et une paire de chaussures pour les fêtes, mais des haillons en temps ordinaire.



Fig. 14 et 15. — ***Deux phases de la fabrication du canot caraïbe : l'esquif en cours de dilatation*** *(en haut)* ***et en voie d'achèvement*** *(en bas) (Photos L. Thomas).*

État social. — A la suite de la Guerre Caraïbe, le chef élu avait été déposé. Son autorité virtuelle sur un peuple d'esprit indépendant symbolisait néanmoins une entité sociale. En 1953, après un interrègne de près d'un quart de siècle, un nouveau roi fut investi par les autorités britanniques, malgré l'indifférence des Caraïbes dont la conscience ethnique s'estompe. Cette population hybridée, qui perd ses caractéristiques culturelles, apparaît proche de l'instant où elle se fondra dans la masse ambiante. L'entité linguistique appartient au passé : les derniers à savoir le caraïbe, le « langage », sont morts il y a une quarantaine d'années. En 1853, déjà, un missionnaire écrivait : « Ils ont à peu près oublié leur ancienne langue, dont ils ne se servent entre eux que comme en cachette des autres personnes... Ils parlent le créole comme les autres naturels du pays ».



Fig. 16. — ***Un pêcheur de « titiri »*** (Photo L. Thomas).

Certains se rappellent encore plus ou moins bien quelques bribes fossilisées de leur idiome ancestral, formules de politesse, noms usuels, grivoiseries, voire courtes phrases : *mabouika*, bonjour; *siserou*, perroquet; *mekerou*, nègre; *karifouna*, caraïbe; *noukousili*, mon père; *noukousoulou*, ma mère; *mesou*, chat; *esoubaratè*, coutelas; *aliagou niabou*, je vais faire l'amour.

La seule unité sociale qui subsiste dans cette société désorganisée, de structure indifférenciée et non hiérarchisée est la famille biologique simple, comme chez le Nègre antillais, comme chez nous. Peut-être arrive-t-on à discerner de ci, de là, quelques vestiges de la famille matrilocale [1].

Catholique, au moins nominalement, le Caraïbe partage toutes les superstitions de ses voisins noirs. Son univers est hanté d'esprits, de revenants, de « loups-garous », de *soucougnans* (femmes qui se métamorphosent en vampires une nuit sur deux); il croit à la valeur prémonitoire des rêves, aux pratiques magiques appelées *quimbois*, influence immatérielle due au transfert chez la victime de la volonté du sorcier, et *piaye* ou *obiah*, philtre maléfique, véhicule de maladie ou de mort. La thérapeutique consiste à prendre des bains dans la composition desquels entrent diverses plantes. Le nom, qui concentre en lui toute la personne, ne doit pas se livrer à la légère; aussi cette croyance, en train de disparaître, a-t-elle amené un large usage des surnoms.

La tradition orale se trouve également réduite aujourd'hui à sa plus simple expression. Nombre de femmes vous narrent encore des contes, mais presque tous se rattachent au folklore africain ou français; même dans les légendes, qu'on créditerait à première vue d'une origine américaine, relatives à un *tête-chien* porteur sur la tête d'une pierre précieuse brillante, il convient de soupçonner une variante locale des *vouivres* de nos campagnes d'antan. Des vieilles vous racontent la Belle et la

1. Par opposition à la résidence *patrilocale* où il est constant que l'épouse aille s'installer au foyer de l'homme, on appelle famille *matrilocale* celle où l'usage veut que le mari vienne habiter la demeure de sa femme. On connaît aussi des cas de famille *dislocale* : la résidence est, par exemple, successivement patrilocale puis matrilocale.

Bête ou fredonnent en français écorché une romance oubliée dont chaque refrain se termine par « Vivent mon roi et ma maîtresse ».

La cohésion de la nation caraïbe créolisée, formée d'une minorité d'éléments ethniquement caraïbes et d'une majorité d'éléments allogènes, apparaît artificielle. Elle est maintenue par une communauté d'intérêts actualisée dans la réserve, ce territoire privilégié qui implique l'exemption d'impôts et le libre accès à la propriété du sol. Que restera-t-il des Caraïbes dans cinquante ans ? Peu de chose sans doute, rien peut-être. Leurs jours sont comptés, mais ils auront eu l'avantage de disparaître paisiblement, sans aller rejoindre dans l'Histoire la foule des ethnies victimes du génocide volontaire ou non.

*
* *

Ainsi, la Dominique conserve encore un cachet d'originalité dans un archipel qui tend à s'aligner, tant matériellement que spirituellement, sur les nations à civilisation standardisée. Bien sûr, elle aussi commence à regarder vers l'avenir; sa personnalité continue toutefois de s'affirmer et il faut espérer que, malgré les progrès économiques qui l'attendent, elle saura garder longtemps cet exotisme de bon aloi qui charme l'amateur, de pittoresque non frelaté.

Léon Thomas,
Agrégé de l'Université.

Les indices climatologiques touristiques de l'été 1955

Nous avons présenté, dans le numéro de juillet 1955 de *La Nature* (p. 282) un moyen d'expression commode du caractère touristique du temps en considérant simultanément la durée de l'ensoleillement, la durée des pluies et la température moyenne. Une formule simple permet de déterminer, pour un mois et pour un point donnés, un indice touristique climatique :

$$I_T \text{ (indice)} = (S + T - 5D)/5$$

(S, durée de l'insolation en heures; T, température moyenne en dixièmes de degré; D, durée de la pluie en heures).

La valeur $I_T = 100$ représente un temps touristiquement idéal : ensoleillé au maximum, ni trop chaud, ni frais, et sans pluie.

Afin de donner une impression plus conforme à celle des touristes et estivants, on n'a tenu compte, dans les calculs des indices figurant dans le tableau I, que des heures de pluie de jour. Les valeurs trouvées sont donc toutes légèrement supérieures aux indices « normaux » qui tiennent compte de la durée totale des précipitations, et qui figurent dans le tableau III pour Paris-Montsouris.

Les climatologistes dresseront ultérieurement les bilans officiels de cet été 1955. Ils réunissent et contrôlent minutieusement à cet effet toutes les données utiles.

Mais nous ne voulons pas retarder l'aperçu de ce bilan, vu d'un point de vue touristique, que nous avons promis en juillet. Nous donnons donc, pour sept villes, les chiffres et leur interprétation globale sous la forme de l'indice touristique climatique (tableau I).



Fig. 1. — *Début du bel été dans l'Ile-de France : temps idéal pour rentrer les foins.*
(Archives photographiques de la Météorologie nationale).

Tableau I

Données climatiques et indice touristique de sept villes de France pour l'été 1955

Pour l'établissement de l'indice on n'a pas tenu compte ici des heures de pluie de nuit.

Villes	Température moyenne	Nombre d'heures de soleil	Nombre d'heures de pluie (de jour)	Indice touristique
En juin :				
Brest	14°6	203 h	40 h	30
Rennes	16°7	230 h	37 h	42
Nantes	17°1	191 h	35 h	37
Bordeaux	18°1	247 h	21 h	65
Lyon	18°5	225 h	42 h	40
Marseille	20°0	303 h	21 h	80
Nice	19°7	324 h	24 h	80
Paris	17°2	185 h	18 h	53
En juillet :				
Brest	16°9	308 h	22 h	73
Rennes	19°8	277 h	9 h	86
Nantes	20°4	234 h	8 h	79
Bordeaux	20°6	236 h	18 h	70
Lyon	20°8	266 h	22 h	73
Marseille	23°4	367 h	5 h	112
Nice	23°0	356 h	9 h	108
Paris	20°2	222 h	11 h	74
En août :				
Brest	18°9	309 h	6 h	94
Rennes	19°9	301 h	1 h	99
Nantes	20°9	298 h	2 h	99
Bordeaux	20°9	311 h	8 h	96
Lyon	20°4	291 h	22 h	77
Marseille	22°3	310 h	15 h	92
Nice	22°6	315 h	9 h	99
Paris	19°8	232 h	11 h	75

Il ressort du tableau I que, dès juin, dans la moitié sud du pays, approximativement, l'indice a dépassé 50. Dans toute la France, en juillet, cet indice a largement dépassé 70 et en août, 90 dans la plus grande partie du territoire.

On remarquera en outre que la Bretagne a atteint l'indice 99, c'est-à-dire le beau temps intégral, ni trop chaud, ni trop frais, largement ensoleillé et avec un nombre d'heures de pluie pratiquement nul. Le fait est assez exceptionnel.

Les nombres d'heures d'insolation ont été généralement élevés, comme le montre la comparaison des valeurs normales de ce facteur et de leur valeur durant l'été 1955 (tableau II).

TABLEAU II

INSOLATIONS COMPARÉES DURANT L'ÉTÉ 1955

Le chiffre indiqué pour la normale des trois mois est en réalité celui d'Antibes.

Villes	Juin		Juillet		Août	
	Normale	1955	Normale	1955	Normale	1955
Brest	216	203	242	308	222	309
Rennes	201	230	213	277	201	301
Nantes	250	191	277	234	259	298
Bordeaux	227	247	257	236	250	311
Lyon	235	225	273	266	244	291
Marseille	319	303	366	367	318	310
Nice	309	324	344	356	312	315
Paris	256	185	253	222	224	232

Cependant, il ressort que l'impression générale laissée par cet été 1955 est mieux rendue par l'examen des indices touristiques climatiques dont les valeurs, pour Paris, dépassent largement, en juillet, celles de 1954, et même, en août, les indices moyens (tableau III).

TABLEAU III

COMPARAISON DES VALEURS DE L'INDICE TOURISTIQUE A PARIS-MONTSOURIS

Ces indices tiennent compte des heures de précipitations de jour et de nuit, ce qui explique les différences avec les indices précédemment cités dans cet article, notamment en juillet, mois durant lequel les pluies nocturnes ont été fréquentes : 19 heures.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Normale	— 44	— 24	— 6	+ 14	+ 36	+ 56	+ 59	+ 53	+ 38	— 2	— 37	— 45
1954	— 31	— 33	— 3	+ 60	+ 40	+ 40	+ 46	+ 19	+ 15	+ 29	— 6	— 29
1955	— 71	— 59	+ 11	+ 59	+ 43	+ 41	+ 56	+ 75				

Autre remarque intéressante, en 1955 comme en 1954 le mois d'avril a bénéficié d'un temps particulièrement beau; la suite des « opérations temps » de cette année montre une fois de plus qu'on ne peut rien conclure *a priori* sur l'état probable de l'atmosphère durant l'été en considérant seulement le temps qu'il fait au printemps : à deux mois d'avril sensiblement aussi ensoleillés, secs et doux, ont succédé un été 1954 pluvieux et froid et un été 1955 chaud et ensoleillé.

ROGER CLAUSSE.

L'Année géophysique internationale 1957-1958

ANNÉE géophysique internationale, tel est le nom qu'on a donné au plus vaste effort de coopération scientifique qui ait jamais été tenté dans le dessein d'étudier notre planète.

En 1957, des observateurs de toutes les nations, installés dans les contrées les plus variées, et souvent les plus inaccessibles, conjugueront leurs efforts pour accumuler le plus grand nombre possible d'observations.

Tous les phénomènes intéressant la physique de la Terre seront étudiés simultanément en un grand nombre de points du globe. L'exploitation de cette moisson d'observations et de documents conduira, on l'espère, à la solution de quelques-uns des problèmes qui tiennent encore les géophysiciens en arrêt.

Ce n'est pas la première fois qu'une pareille coopération s'établit pour l'étude des phénomènes géophysiques. La première année polaire internationale de 1882-1883, et la seconde de 1932-1933 eurent pour objet principal l'étude du magnétisme, de la météorologie et des aurores polaires dans les régions arctiques; en 1902-1903, quelques observations scientifiques furent réunies dans l'Antarctique. L'Année géophysique internationale donne une suite à ces entreprises, mais elle les dépasse beaucoup par l'ampleur des projets. L'Arctique, l'Antarctique et la zone tropicale au voisinage des méridiens 70°-80° W, 10° et 140° E sont désignées comme les régions où l'activité sera particulièrement intense. On ne prévoit pas moins de 21 stations sur le continent antarctique et on peut espérer que de cette activité résultera une meilleure connaissance de cette partie du globe, encore si mystérieuse.

Un tel déploiement d'activité scientifique ne se conçoit pas sans une préparation minutieuse; aussi un programme détaillé a-t-il été établi; en France on annonce le départ prochain d'une expédition préliminaire dans l'Antarctique.

Nous empruntons le détail de ce programme au professeur Sydney Chapman qui se trouve placé à la tête du Comité d'organisation de l'Année géophysique [1].

Météorologie. — La météorologie sera l'une des activités principales comme elle l'avait été au cours des années polaires. Pendant la première année polaire, on avait surtout pratiqué des observations à la surface de la Terre; pendant la deuxième année polaire l'atmosphère fut explorée au moyen de ballons-sondes qui transmettaient par radio au sol les observations. En 1957, les observations se feront sur toute la surface du globe et non pas seulement dans les régions polaires. On se propose surtout une exploration systématique de l'atmosphère en altitude et à des hauteurs plus grandes qu'auparavant. Ceci vaut tout spécialement pour les régions tropicales où l'atmosphère est plus de deux fois plus épaisse (20 km) qu'aux pôles (8 km).

Les stations météorologiques standard mesureront la répartition des températures en altitude deux fois par jour et la distribution des vents quatre fois par jour jusqu'à 20 km. Partout où ce sera possible cette mesure sera poussée jusqu'à 30 km pendant trois jours par mois. L'objectif principal est l'étude de la circulation générale de l'atmosphère.

Les mesures classiques des précipitations, de la température

1. *Nature*, Londres, 5 mars 1955, p. 402. La figure que nous publions a été établie d'après celle de *Nature*, avec l'aimable autorisation de l'auteur et de l'éditeur.

de l'air, du sol et de l'eau seront intensifiées sur toute la surface du globe et de nombreuses petites îles océaniques deviendront des centres d'activité scientifique.

A côté de ces études fondamentales, le programme comprend une étude détaillée de la distribution de l'ozone et de la vapeur d'eau en altitude; de l'irradiation solaire et du rayonnement du sol, des nuages de très haute altitude, des centres orageux par enregistrement des parasites atmosphériques et de la composition chimique de l'air. On se propose par exemple de déterminer la teneur de l'air en oxygène et en gaz carbonique dans l'Antarctique.

L'Organisation météorologique mondiale a présidé, avec la coopération de l'Association internationale de Météorologie, à la standardisation des instruments, des méthodes d'observation et de la publication des résultats.

Magnétisme terrestre. — L'Année géophysique tentera de résoudre les principaux problèmes qui concernent les orages magnétiques. Le réseau des observatoires magnétiques sera renforcé par des enregistreurs installés auprès des stations ionosphériques et par un réseau de stations provisoires. Les méthodes et les instruments seront à peu de chose près semblables à ceux qui furent utilisés en 1932-1933; cependant, dans quelques stations polaires on se propose de mesurer le gradient des variations du champ magnétique. A cet effet les enregistrements d'une station centrale seront comparés à ceux de deux stations satellites, l'une située au sud ou au nord, l'autre à l'est ou à l'ouest, et suffisamment proches pour être entretenues par le personnel de la station centrale. Ces mesures conduiront à une meilleure connaissance des systèmes de courants électriques intenses de l'ionosphère arctique. Pendant les orages magnétiques, l'ionosphère sera explorée directement au moyen de magnétomètres emportés à haute altitude par des fusées.

Dans le dessein d'étudier les courants électriques journaliers dans l'ionosphère au voisinage de l'équateur magnétique, le nombre des observatoires tropicaux sera considérablement accru. Enfin, pour faciliter l'étude des corrélations des phénomènes géomagnétiques avec d'autres phénomènes, on espère que les indices d'activité géomagnétique seront établis pour chaque quart d'heure pendant toute l'Année géophysique alors qu'il ne le sont actuellement que de 3 en 3 heures.

Aurores polaires. — L'Année géophysique sera trop brève pour faire avancer efficacement les statistiques de fréquence aurorale portant sur de longues périodes. Dans les régions où les aurores sont fréquentes, au delà de 60° de latitude, il y aura un réseau de stations aurorales équipé de caméras automatiques qui photographieront le ciel toutes les cinq minutes pendant la durée de chaque nuit.

On aura ainsi une vue synoptique de l'extension à la surface de la terre et de l'évolution des aurores, ce qui n'avait pas été réalisable jusqu'à ce jour. Quelques-unes de ces stations seront équipées de spectrographes automatiques qui donneront des spectres de la lumière aurorale. Sous les latitudes plus basses, là où les aurores sont rares, on installera quelques stations équipées de façon identique et un réseau d'observateurs visuels, tant sur mer que sur terre. Quelques observatoires étudieront les réflexions des ondes radio de très courte longueur d'onde sur les aurores. Les dispositifs utilisés à cet effet permettront également d'enregistrer tout rayonnement radio émis par l'aurore.

Rayonnement lumineux de la haute atmosphère : lumière du ciel nocturne et lumière zodiacale. — Sur l'ensemble du globe, la très haute atmosphère émet une lumière, en général trop faible pour être visible ou pour être photographiée directement avec des temps d'exposition faibles. Elle est plus forte au crépuscule et on peut l'observer également pendant le jour au moyen de fusées qui s'élèvent au-dessus des basses couches de l'atmosphère. C'est en effet dans les basses couches seulement que se produit la diffusion de la lumière solaire qui donne au ciel sa brillance diurne et qui masque l'émission propre de la haute atmosphère.

La distribution géographique, variable avec l'heure du jour et avec la saison, sera étudiée au cours de l'année géophysique. Les instruments, qui feront automatiquement un examen complet de l'ensemble du ciel toutes les demi-heures, seront disposés à intervalles sur le méridien qui, passant

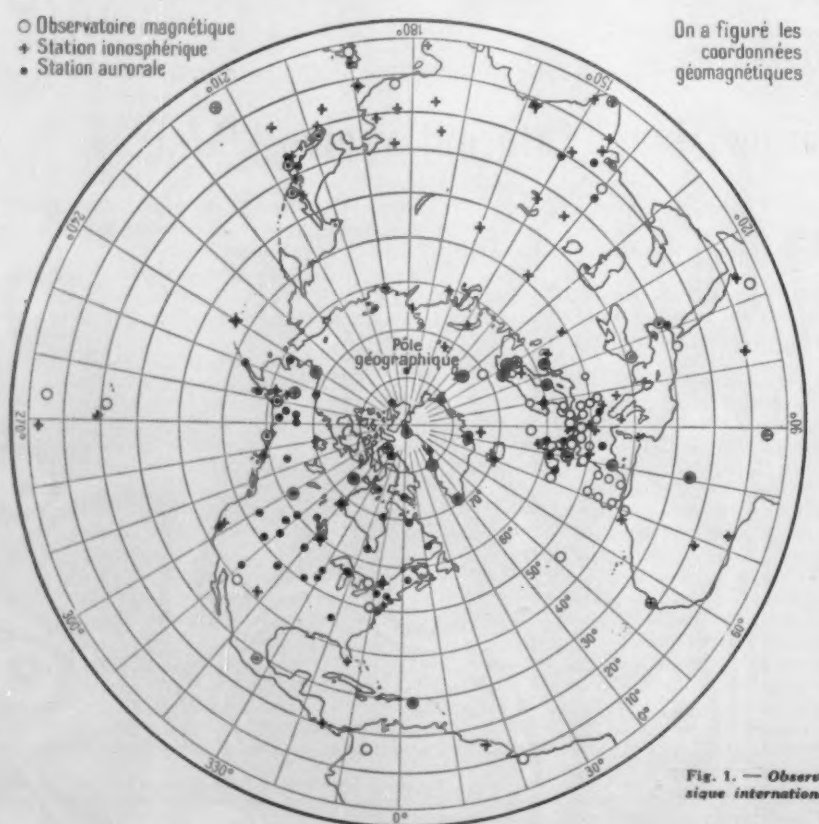


Fig. 1. — ***Observatoires et stations de l'Année géophysique internationale prévues dans l'hémisphère boréal.*** (D'après S. Chapman, dans *Nature*).

par Thulé au Groënland et traversant la zone aurorale, se développe à travers le Canada, les U.S.A. et le Mexique. Il y aura d'autres appareils du même type en Alaska, aux Hawaii et au Congo Belge, et des appareils plus sommaires en de nombreuses stations. De plus certains observatoires se livreront à une étude spectrographique et interférométrique.

Rayons cosmiques. — Comme pour le rayonnement de la haute atmosphère, l'Année géophysique offrira la première possibilité d'une étude simultanée du rayonnement cosmique sur l'ensemble du globe. Deux grands types d'instruments seront utilisés, l'un destiné spécialement à l'étude des particules de grande énergie, l'autre à l'étude de la composante de faible énergie du rayonnement cosmique. L'intérêt de ces observations sera grandement accru par la précision des observations solaires et géophysiques effectuées simultanément.

Observations solaires. — L'Année géophysique se situe dans une période voisine d'un maximum d'activité solaire. Un grand nombre de phénomènes géophysiques sont liés à l'activité solaire et il est donc important qu'elle soit observée continuellement par les diverses méthodes dont on dispose. Dans ce dessein, les heures d'activité des observatoires solaires seront largement augmentées pour obtenir un recouvrement des périodes d'observation dans les stations de latitude différente. Les formations nuageuses qui masquent le soleil en certaines stations risqueront moins de détruire la continuité des enregistrements. Les observations classiques (nombre, position et forme des taches, des protubérances et des facules) seront complétées par des observations spectrographiques et photographiques des éruptions solaires et par des enregistrements de la radioémission solaire sur certaines longueurs d'onde.

Recherches ionosphériques. — Les premières recherches ionosphériques conduites dans les régions arctiques eurent lieu pendant la deuxième Année polaire. Pendant l'Année géophysique, plus de cent stations exploreront les couches ionosphériques. Leur distribution sera conforme, en général, à la répartition sur des zones particulières et le long de certains méridiens. Mais l'influence considérable exercée sur l'ionosphère par le champ géomagnétique justifie l'existence de stations ordonnées par rapport aux coordonnées géomagnétiques.

Longitudes et latitudes. — La dernière détermination de différence de longitude entre deux grands observatoires astronomiques date de 1933. Pendant l'Année géophysique, la longitude, la latitude et les variations de ces quantités seront déterminées, et cela conduira à une connaissance plus précise des irrégularités de rotation de la Terre.

Glaciologie. — L'extension et le comportement des glaciers et des recouvrements de neige seront étudiés en différentes parties du globe. Cette vaste étude sera d'un grand intérêt pour la météorologie et la climatologie. En plus des mesures directes en des stations fixes, on prévoit des reconnaissances aériennes. L'objectif principal est l'évaluation de la masse totale de glace portée par le continent antarctique et la connaissance de sa morphologie. On espère dans ce but réaliser une collaboration des équipes américaines, australiennes et françaises.

Océanographie. — Beaucoup de grands problèmes et tout spécialement ceux qui concernent l'hémisphère Sud attendent une solution. Plusieurs navires océanographiques appartenant aux États-Unis, à la Grande-Bretagne et à l'Allemagne de l'Ouest travailleront en coordination pendant l'année 1957-1958 et, dans la mesure du possible, seront utilisés comme stations mobiles pour d'autres types d'observations.

Séismologie et gravimétrie. — L'Année géophysique fournira l'occasion de réaliser des enregistrements séismiques et des mesures de gravité dans des îles et des stations antarctiques ordinairement inaccessibles. C'est pourquoi de nombreuses expéditions incluront vraisemblablement ces recherches dans leur programme.

Fusées stratosphériques. — Nées de desseins guerriers, les fusées stratosphériques sont la plus importante des innovations techniques qui distinguent l'Année géophysique des entreprises similaires du passé. Ces « rockets » déploient une efficacité pacifique dans l'exploration de la haute atmosphère, et cela dans les domaines les plus variés. Mais dans la plupart des recherches menées à bien jusqu'à ce jour on s'est servi de fusées très coûteuses, lancées du sol ou d'un bateau. Une méthode moins dispendieuse a récemment été mise au point par Van Allen : la fusée est transportée jusqu'à une altitude considérable par un ballon et lancée lorsque la pression atmosphérique a une valeur déterminée. L'altitude de lancement est de l'ordre de 25 km et l'altitude atteinte de l'ordre de 100 km avec une charge utile de 15 kg. Les Anglo-Saxons appellent ce système de ballon-fusée un *rockoon*. Nous ne dirons rien des difficultés qu'il y a à mettre au point des instruments de mesure capables de résister aux accélérations élevées qui prennent naissance au départ de la fusée, sinon qu'elles ont donné lieu à de remarquables réalisations. Ces fusées, avec leurs équipements variés, permettent d'entreprendre des recherches très diverses : rayons cosmiques, ozone, pression, densité et température, spectre solaire, brillance du ciel, géomagnétisme, rayons auroraux et physique ionosphérique.

L'American National Committee for the Geophysical Year envisage de lancer environ trente-six grandes fusées « Aerobees » et une centaine de rockoons pendant la durée de l'Année géophysique et en des lieux dispersés, de l'Arctique à l'Antarctique. Le Comité national français envisage le lancement de douze des grandes fusées françaises « Véronique » au Sahara et on espère que d'autres nations contribueront à étoffer ce programme.

Organisation et financement. — La réussite de l'Année géophysique, nous dit le professeur Chapman, dépendra de l'effort et de l'argent que consacreront les nations participantes. Leurs contributions seront bien sûr inégales et certaines nations apporteront à d'autres leur aide en leur fournissant des instruments, en entraînant des observateurs, ou par tout autre moyen. D'autre part d'importantes mises au point touchant aux méthodes d'enregistrement, à la standardisation et à l'étalonnage des instruments restent à effectuer sur un plan international. Mais les résultats obtenus deux ans avant le début de l'Année géophysique présagent heureusement de la réussite de cette grande entreprise.

ANDRÉ LAROCHE.

Nouvelle méthode d'élevage du mouton australien

D'après l'*Australian Agricultural Newsletter* (cité par l'*Industrie textile* de mai 1955, p. 33), un éleveur des Nouvelles-Galles-du-Sud, M. Hodgkinson, a obtenu des résultats intéressants en expérimentant une méthode d'élevage intensif du mouton. Au lieu de laisser ses bêtes paître sur de vastes étendues, selon le procédé classique d'élevage extensif imposé par la sécheresse, M. Hodgkinson les nourrit avec de la luzerne qu'il récolte sur ses terres : il parvient ainsi, dit-il, à faire vivre 1 000 moutons sur 4 ha seulement. Les bêtes sont nourries une fois par jour dans leur enclos, et fournissent essentiellement de la laine. Il semble que cette méthode ne puisse cependant être appliquée en grand en Australie : en effet, le climat empêchera toute culture importante de luzerne. Il est vraisemblable que l'expérience en question, quoique intéressante, demeurera un cas isolé.

LES INTERFÉRENCES LUMINEUSES

3. FRANGES D'ÉGALE INCLINAISON [1]

Anneaux à l'infini. — Les franges d'égale inclinaison se forment lorsque deux parties d'un même faisceau se réfléchissent chacune sur l'un de deux miroirs parallèles (fig. 1); la différence de marche $D = 2d \cos i$ est la même pour l'ensemble des rayons qui frappent les miroirs sous le même angle d'incidence i, puisque d est constant entre les deux miroirs parallèles. Presque toujours, l'incidence est assez voisine de la normale pour que les premiers termes du développement en série du cosinus soient suffisants, et $D = 2d(1 - i^2/2)$.

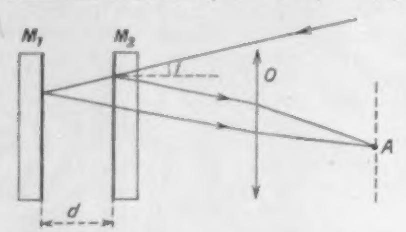


Fig. 1. — Production d'anneaux à l'infini.

M_1 et M_2, miroirs parallèles ; d, distance des miroirs ; i, angle d'incidence d'un rayon. Les deux rayons réfléchis se rencontrent et interfèrent en A, dans le plan focal de l'objectif O, avec la différence de marche $D = 2\,d \cos i$.

Si les rayons réfléchis sont reçus par un objectif, en chaque point de son plan focal viennent se grouper et se couper tous les rayons parallèles à une même direction. Pour ces rayons, i a la même valeur, la différence de marche et l'état d'interférence sont les mêmes; on dit que les franges sont localisées dans ce plan focal, c'est-à-dire à l'infini avant l'objectif. De plus, sur tout cercle du plan focal centré sur un axe de l'objectif normal aux miroirs, l'angle i reste encore le même. La figure d'interférence se compose donc d'anneaux concentriques; d'un anneau au suivant, la variation de i est telle que di^2 ait changé d'une longueur d'onde; autrement dit, les carrés du rayon des anneaux successifs sont des nombres en progression arithmétique de raison λ/d.

Contrôle d'une lame à faces parallèles. — Le professeur C. Fabry demandait à ses élèves de vérifier la qualité d'une lame de verre à faces imparfaitement parallèles par l'observation de ces anneaux à l'infini avec un appareil très simple (fig. 2). La lame à étudier X est posée à plat sur une surface noire horizontale et reçoit, par réflexion sur la lame de verre quelconque L, la lumière monochromatique d'une lampe S, à mercure par exemple. Les faces de la lame X réfléchissent chacune vers le haut une partie de cette lumière, qui est reçue par l'objectif O, et les anneaux à l'infini forment leur image dans son plan focal F; on les observe avec l'oculaire Oc, en prenant soin de placer l'œil en Oe, plan conjugué de la lame, afin d'isoler sur cette lame une région assez petite pour que l'épaisseur y reste à peu près uniforme.

1. Voir : Les interférences lumineuses, par Jean Terrien ; 1. Lames minces, *La Nature*, août 1955, p. 302 ; 2. Franges d'égale épaisseur, *La Nature*, septembre 1955, p. 345.

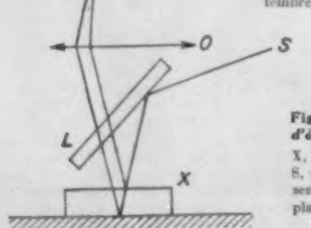


Fig. 2. — Contrôle de l'uniformité d'épaisseur d'une lame de verre.

X, lame de verre à contrôler ; S, source monochromatique ; L, lame semi-réfléchissante ; O, objectif de plan focal F ; Oc, oculaire ; Oe, œilleton.

En faisant glisser la lame dans son plan, supposons que l'on amène sous l'appareil une région un peu plus épaisse; comment les anneaux doivent-ils se modifier? L'accroissement d'épaisseur peut être compensé par une diminution de cos i, de façon que la différence de marche $2d \cos i$ reste la même. Or sur une même frange, sur un anneau, que l'on peut suivre dans son déplacement, cette différence de marche doit rester un nombre entier de longueurs d'onde, elle n'a donc pas varié si l'anneau a pu être suivi pendant le déplacement de la lame. Pour que cos i diminue, il faut que i augmente, l'anneau s'est donc agrandi. Une augmentation de l'épaisseur d est donc révélée par une dilatation des anneaux. Chaque fois qu'un anneau, en se dilatant, atteint l'emplacement initial de l'anneau qui l'entourait, il apparaît un anneau supplémentaire au centre, et un anneau sort du champ à la périphérie.

Quelle est la sensibilité de cette méthode? L'apparition d'un nouvel anneau au centre se produit lorsque $2d$ augmente d'une longueur d'onde dans le verre; la longueur d'onde dans un verre d'indice de réfraction n est, rappelons-le, n fois (1,5 fois environ) plus petite que la longueur d'onde dans l'air, soit 0,36 μ pour de la lumière verte. Donc une variation d'un anneau traduit un épaississement de 0,18 μ; on décèle facilement à l'œil 10 fois moins et, par une mesure du diamètre, environ 100 fois moins. Cet appareil presque rudimentaire est donc capable de révéler des inégalités d'épaisseur de l'ordre de 0,002 μ (un cinq-cent-millième de millimètre).

En réalité, les mêmes apparences peuvent être produites par une inégalité de l'épaisseur ou de l'indice de réfraction n. Sur une frange, $d \cos i = k\lambda/n$, ou $\lambda = knd \cos i$; on voit que, λ étant la longueur d'onde dans l'air, c'est le produit nd qui intervient, et il est impossible de distinguer, par cette seule expérience, les variations de n et de d.

Interféromètre de Michelson. — C'est avec un interféromètre de Michelson que l'on produit le plus souvent les franges d'égale inclinaison qui résultent de l'interférence de deux rayons; ces deux rayons, rappelons-le, proviennent d'une lame séparatrice semi-transparente L (fig. 4) et s'y recombinent après s'être réfléchis, l'un sur M_1, l'autre sur M_2, deux miroirs plans. On peut par la pensée remplacer le trajet du rayon qui chemine entre L et M_2 par le trajet LM'_2 symétrique par rapport à L; il est alors plus facile de se rendre compte de la différence de marche entre les deux rayons, cette différence étant le trajet parcouru par l'un d'eux entre M_1 et M'_2. La lame C, de même verre et de même épaisseur que la lame séparatrice L, rend plus complète la symétrie des milieux traversés par les deux rayons séparés par la lame L, dont une seule face joue un rôle séparateur.

La figure 3 représente un interféromètre de Michelson de construction assez récente, et la figure 5 un appareil plus simple monté sur un banc d'optique commercial.

Si le miroir M_1 et le miroir M'_2 d'un interféromètre de Michelson (fig. 4) sont réglés au parallélisme exact, on obtient des interférences qui ont la forme d'anneaux à l'infini; on les observe avec une lunette mise au point à l'infini. Pour parache-



Fig. 3 *(ci-contre)*. — ***Interféromètre de Michelson.***

Appareil construit par la Société Optique et Précision, à Levallois. Sur le banc horizontal, à droite, se trouvent deux miroirs, un seul est employé pour l'utilisation en interféromètre de Michelson : 1, lame séparatrice semi-transparente ; 2, tourillons que l'on bloque après réglage de l'inclinaison de la lame 1 ; 3, lame compensatrice ; 4 et 5, dispositif pour le réglage fin de l'inclinaison de la lame 3 ; 6 et 7, plateau et support réglables pour recevoir un miroir plan ; 8 et 9, barres de coulissement et supports de ces barres ; 11, chariot coulissant portant un miroir plan ; 12 et 13, manettes pour le déplacement du chariot 11 ; à droite, sur les barres 8, se trouve un chariot supplémentaire analogue au chariot 11, mais fixe ; les miroirs portés par ces deux chariots, utilisés seuls, constituent un interféromètre de Perot-Fabry (*Cliché aimablement prêté par la Revue d'Optique*).

Fig. 4. — ***Schéma d'un interféromètre de Michelson.***

S, source monochromatique ; L, lame séparatrice ; M_1 et M_2, miroirs plans réels ; M'_2, miroir virtuel, symétrique de M_2, par rapport à L ; C, lame compensatrice.

ver la mise au parallélisme des miroirs, il suffit de diaphragmer le faisceau avant qu'il entre dans la lunette, et de déplacer ce diaphragme latéralement; les régions intéressées sur les miroirs se déplacent avec le diaphragme; si la distance des miroirs n'est pas constante, le changement de diamètre des anneaux renseigne sur la retouche qui améliore le parallélisme.

Contrairement aux franges d'égale épaisseur étudiées dans le précédent article, les anneaux à l'infini ne révèlent pas d'un seul coup d'œil le relief des imperfections des surfaces réfléchissantes; l'effet des défauts de planéité n'est pas de déformer les anneaux qui restent circulaires, mais d'estomper leur netteté par la superposition de plusieurs systèmes d'anneaux qui proviennent de diverses régions des miroirs.

Mesure précise d'une longueur d'onde. — Pour mesurer la longueur d'onde d'une radiation monochromatique, on la compare à celle de la radiation étalon, le rouge du cadmium produit par la lampe de Michelson et séparé des autres radiations de cette lampe par un verre rouge ou par un monochromateur. Au Bureau international des Poids et Mesures, on compare les longueurs d'onde dans l'interféromètre de Michelson. La distance des miroirs étant fixe, on mesure, par la méthode des coïncidences décrite dans l'article précédent, le nombre de longueurs d'onde, à un centième de longueur d'onde près, compris dans la différence de marche, successivement avec les diverses radiations, l'une d'elles étant le rouge du cadmium, et l'on en déduit les autres longueurs d'onde.

Si la différence de marche est par exemple 100 mm, elle contient environ 200 000 longueurs d'onde; l'excédent fractionnaire étant entaché d'une incertitude de 0,01 environ, la précision accessible est 1/20 000 000 en valeur relative sur la longueur d'onde mesurée; elle est même meilleure lorsqu'on prend la moyenne d'un grand nombre de mesures. Les longueurs d'onde peuvent donc être garanties avec huit chiffres exacts, à l'exception du dernier chiffre qui peut toutefois être incertain, assez souvent, d'une ou deux unités.

Mais pour que cette précision accessible soit réelle, il faut quelques précautions dans le réglage de l'alimentation électrique et de la température des sources de lumière monochromatique,



Fig. 5. — ***Interféromètre de Michelson pour usages industriels monté sur un banc d'optique.***

Appareil construit par la Société Métroptique, à Bagnolet. (*Photo Métroptique*).

qui risquent de modifier la longueur d'onde; il faut tenir compte des facteurs qui influencent l'indice de l'air : pression, température, humidité, car cette influence n'est pas la même sur les deux radiations comparées; il faut surtout éclairer toujours les mêmes régions des miroirs, car, si parfaits soient-ils par leur planéité, des reliefs inévitables de quelques millièmes de micron déplacent les anneaux de quantités inadmissibles pour la précision cherchée; il faut encore répéter en nombre égal les mesures avec les deux dispositions des miroirs qui donnent la même différence de marche, le plus proche et le plus éloigné étant inversés, afin d'éliminer les erreurs dues aux pertes de phase et à l'imperfection de l'action compensatrice de la lame C de la figure 4.

Conditions d'exactitude. — Cette énumération de causes d'erreurs a été donnée ici pour suggérer au lecteur, dans ce cas particulier de la comparaison des longueurs d'onde, quelques-uns des problèmes qui se posent lorsque des mesures exactes sont nécessaires. Le plus souvent, le principe d'une mesure est simple; mais le schéma de principe d'une mesure est établi dans l'hypothèse qu'un support métallique ne subit ni flexion, ni dilatation, qu'un miroir plan est assimilable à un plan géométrique, que deux lames de verre que l'opticien a cherché à rendre aussi semblables que possible sont identiques, etc. En métrologie, il faut abandonner ces hypothèses simplificatrices, car elles sont fausses; et l'on doit, ou bien étudier minutieusement tous les défauts des appareils, ou bien établir un mode opératoire qui annihile l'effet de ces défauts, en s'arrangeant pour qu'ils provoquent, en nombre égal, des erreurs égales dans un sens et dans l'autre, erreurs qui s'élimineront lorsqu'on calculera la moyenne de tous les résultats obtenus à la suite d'un programme d'expériences minutieusement établi.

Les physiciens du Bureau international des Poids et Mesures, qui bénéficient de la tradition de ses principaux directeurs, Benoît, Guillaume, Pérard et Volet, sont intimement pénétrés de ces nécessités, et c'est ce qui donne à leurs travaux une valeur qui est reconnue universellement. Mais la mesure est indispensable dans tous les domaines de la scienece, et tout savant devrait savoir faire des mesures exactes, ce qui demande surtout beaucoup de patience et d'application dans l'analyse des moindres détails.

On croit facilement par exemple que la sensibilité des mesures de longueur par interférences est une garantie d'exactitude; il n'en est rien, car les causes d'erreurs instrumentales existent toujours, et les interférences sont plus difficiles à manipuler correctement qu'une règle divisée.

Interféromètre de Perot-Fabry à rayons multiples. — Dans l'interféromètre de Michelson, deux rayons seulement interfèrent; le profil d'éclairement des franges est sinusoïdal; on pourrait exprimer cela en disant que les bandes alternativement sombres et lumineuses sont d'égale largeur. Perot et Fabry, en faisant interférer non plus deux, mais un très grand nombre de rayons, ont obtenu des franges lumineuses fines sur fond sombre. L'instrument qu'ils ont réalisé (fig. 7) porte le nom assez impropre, mais consacré par l'usage international, d'étalon Perot-Fabry.

Cet interféromètre est constitué par deux lames planes, parallèles entre elles, dont les faces en regard sont recouvertes d'une couche réflectrice légèrement transparente (fig. 6). Le plus souvent, la source de lumière monochromatique S est placée d'un côté, et les interférences sont observées de l'autre côté de l'étalon Perot-Fabry, car ces interférences par transmission sont plus faciles à interpréter que les interférences par réflexion. C'est pourquoi, sur la figure 6, on n'a tracé que les rayons qui proviennent des réflexions multiples entre les couches réflectrices et se dirigent vers la droite. Tous ces rayons sont parallèles et convergent en un point du plan focal F de l'objectif O et ils interfèrent en ce point.

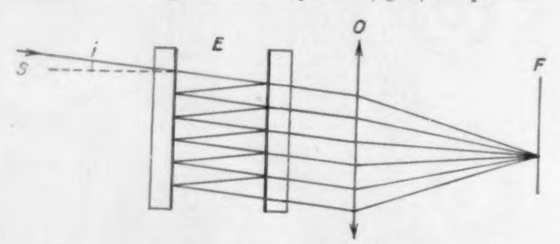


Fig. 6. — *Schéma de l'étalon interférentiel de Perot-Fabry.*
S, source monochromatique ; E, étalon constitué par deux lames semi-réfléchissantes parallèles ; O, objectif de plan focal F ; *i*, angle d'incidence.

La différence de marche entre deux rayons réfléchis successifs est $2ne \cos i$, la distance entre les miroirs étant e et l'angle d'incidence commun à tous les rayons étant i; n est l'indice de l'air. Si cette différence de marche est un nombre entier exact de longueurs d'onde, tous les rayons qui convergent en F ont la même phase de vibration en ce point et renforcent leur action; ce point est vivement éclairé. Si, au contraire, cette différence de marche entre deux rayons successifs n'est pas un nombre entier exact de longueurs d'onde, mais en diffère de 0,1 par exemple, le rayon n° 1 et le n° 6 seront en opposition de phase et la somme de leurs vibrations s'annulera dans le plan focal de O ; il en sera de même des rayons 2 et 7, 3 et 8, etc.

Cette explication élémentaire fait comprendre pourquoi les franges d'interférences sont fines sur fond sombre; elle néglige le fait que les rayons successifs ont une intensité décroissante. La théorie complète indique que le fond sombre n'est pas complètement obscur, et que les franges sont

Fig. 7. — *Interféromètre de Perot et Fabry.*
Appareil construit par Jobin et Yvon, à Arcueil (*Photo Jobin et Yvon*).

d'autant plus fines que les couches déposées sur les miroirs sont plus réfléchissantes. C'est pourquoi de grands efforts ont été consacrés dans ces dernières années vers la production, par évaporation dans le vide de métaux ou d'autres substances, de revêtements doués à la fois d'un facteur de réflexion élevé et d'un facteur de transmission encore suffisant pour que les interférences soient assez lumineuses.

Les interférences dans le plan focal F de O dessinent des anneaux concentriques; en effet, la distance *d* et l'indice *n* de l'air étant constants, la différence de marche ne dépend que de cos *i*, donc de l'angle d'incidence. A ce point de vue, l'étalon Perot-Fabry est analogue à un interféromètre de Michelson dans lequel le miroir réel M_1 et le miroir virtuel M'_2 (fig. 4) sont parallèles, et peut servir aux mêmes usages, par exemple à la comparaison précise des longueurs d'onde. On pourrait penser que la finesse des anneaux de Perot-Fabry permet une meilleure précision de mesure que les anneaux à profil sinusoïdal de l'interféromètre de Michelson; en réalité, l'élimination de certaines erreurs par la permutation des positions de M_1 et M'_2, possible au Michelson, ne l'est plus au Perot-Fabry; d'autres méthodes d'élimination d'erreur, plus délicates, deviennent nécessaires. De plus, la finesse des anneaux que l'on constate effectivement à petite différence de marche se perd progressivement quand on place les miroirs parallèles de l'étalon Perot-Fabry à des distances de plus en plus grandes l'un de l'autre; en effet, entre le premier rayon transmis et un rayon qui a effectué plusieurs allées et venues dans l'air qui sépare les miroirs, la différence de marche finit par dépasser la limite de possibilité d'interférence, et l'on se rapproche des conditions où deux rayons seulement participent aux interférences.

Applications spectroscopiques de l'étalon Perot-Fabry. — Les plus beaux succès de l'étalon Perot-Fabry sont dans l'étude de la structure dite hyperfine des raies spectrales. On sait qu'un spectroscope ou un monochromateur séparent la lumière en radiations simples ou monochromatiques; la lumière émise par un gaz ou une vapeur soumis à une décharge électrique fournit un spectre discontinu, qui comporte un certain nombre de raies spectrales. Sauf exception rarissime, chacune de ces raies, examinée avec des moyens de dispersion suffisamment puissants, possède une structure complexe.

Chacune de ces radiations dites monochromatiques est en réalité le mélange de plusieurs radiations de longueur d'onde extrêmement voisine. Cette structure est appelée *hyperfine*. Il est aujourd'hui bien connu que cette complexité a deux causes :

1° Les atomes d'un gaz pur ne sont pas identiques, car les éléments naturels sont des mélanges d'isotopes. Ainsi, dans la vapeur de mercure, se trouvent des atomes dont les masses sont proportionnelles aux nombres entiers 196, 198, 199, 200, 201, 202 et 204; les radiations émises par chacun de ces isotopes sont légèrement différentes.

2° Beaucoup de noyaux atomiques n'ont pas la symétrie sphérique; ils peuvent occuper plusieurs orientations quantifiées par rapport à l'ensemble des électrons périphériques de l'atome; la diversité de ces états donne lieu à l'émission de radiations légèrement différentes.

L'étude de la structure hyperfine est donc un moyen d'obtenir des renseignements sur les propriétés des noyaux atomiques. Qu'on le regrette ou non, l'humanité entre dans l'âge nucléaire, et aucun effort n'est négligé pour acquérir ces renseignements; en particulier, l'étalon Perot-Fabry est en grande faveur pour la résolution et la mesure des structures hyperfines.

Pouvoir résolvant de l'étalon Perot-Fabry. — Supposons que la lumière qui éclaire un interféromètre soit le mélange de deux ou plusieurs radiations simples de longueur d'onde très voisine. Chaque radiation donne naissance à un système de franges propre. Si l'on peut discerner les franges qui proviennent des diverses radiations, on s'en servira pour en déduire les différences de longueur d'onde et d'intensité de ces radiations. Sur une photographie des anneaux d'interférence, la séparation est facile entre les systèmes d'anneaux qui proviennent des diverses radiations si les anneaux sont très fins. Le pouvoir résolvant, qui est l'inverse de la plus petite différence relative de longueur d'onde décelable, dépend alors surtout de la finesse des anneaux, donc du facteur de réflexion des lames. Les défauts instrumentaux imposent une limite au pouvoir résolvant, qui atteint pourtant, entre les mains des physiciens les plus habiles, environ 1 000 000. C'est-à-dire que deux radiations dont la longueur d'onde diffère d'un millionième en valeur relative peuvent être séparées.

Deux clichés, fournis par le laboratoire Aimé Cotton de Bellevue dirigé par le professeur Jacquinot, montreront l'aspect de documents récents, avec un pouvoir de résolution très élevé.

La figure 8 est la photographie d'anneaux obtenus avec la raie complexe de longueur d'onde 4 101 Å de l'indium. Deux anneaux sont visibles pour chacune des composantes de structure hyperfine, qui apparaissent au nombre de huit. Il faut

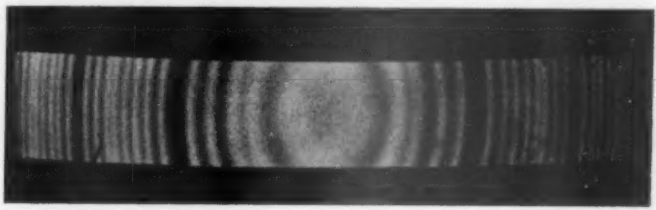


Fig. 8. — *Photographie des anneaux à l'infini d'un étalon Perot-Fabry éclairé par la radiation de longueur d'onde 4 101 Å de l'indium.*
La structure hyperfine de la radiation est mise en évidence.

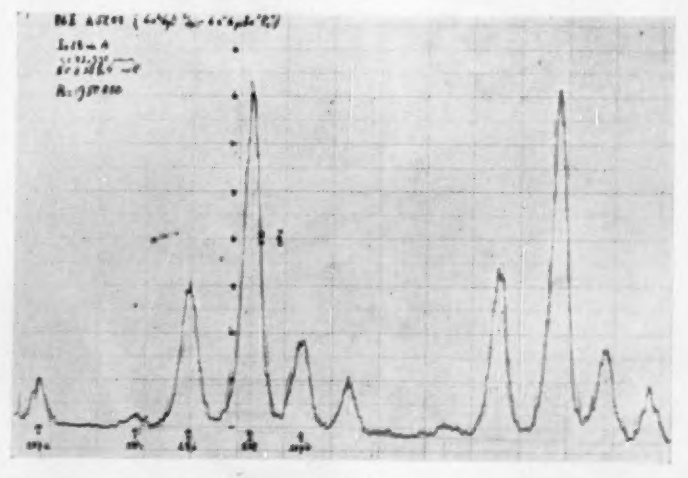


Fig. 9. — *Courbe des éclairements le long d'une partie d'un diamètre d'anneaux de Perot-Fabry montrant la structure hyperfine de la radiation du plomb de longueur d'onde 5 201 Å.*

bien remarquer que le pouvoir résolvant élevé de l'étalon est nécessaire, mais n'est pas suffisant; il faut encore que ces composantes soient assez bien définies en elles-mêmes pour que leur longueur d'onde propre, qui s'étale toujours sur un petit intervalle, n'empiète pas sur les composantes voisines. Pour l'obtention de ce cliché, il a fallu réduire le plus possible l'effet d'élargissement spectral dû à l'agitation thermique (effet Doppler-Fizeau) par la technique difficile du jet d'atomes dirigés dans le vide.

La figure 9 est un enregistrement du profil des éclairements le long du diamètre des anneaux, limité à la section de deux anneaux de chaque composante. Elle montre la structure de la raie du plomb de longueur d'onde 5 201 Å avec un pouvoir résolvant de 950 000. Les isotopes de masse paire 204, 206 et 208 donnent chacun une seule composante. L'isotope de masse 207 en donne plusieurs; on voit sur le cliché les indications 207 *a* et 207 *b*. Là encore, la source de lumière a été l'objet d'une étude particulière pour que la séparation des composantes soit aussi parfaite, condition nécessaire pour la mesure correcte des intervalles et des intensités.

Conclusion. — Cet article et les deux précédents ont pu faire comprendre au lecteur ce que sont les interférences lumineuses et lui en indiquer quelques applications scientifiques et techniques. Je voudrais en terminant avouer que l'extension du sujet a été limitée. Ainsi, parmi les applications, la mesure précise des longueurs, pratiquée depuis longtemps au moyen des interférences, est appelée à un nouveau développement, à la suite du projet de remplacer le Mètre étalon en platine tracé de deux traits par un étalon naturel de longueur qui sera la longueur d'onde d'une radiation monochromatique; j'ai cité à ce sujet quelques-unes des difficultés de la simple comparaison de deux longueurs d'onde, c'est-à-dire de deux grandeurs de même nature; la comparaison d'une longueur d'onde à une longueur matérielle, telle que la distance de deux traits, est encore plus délicate, et c'est pourquoi je n'ai pas osé aborder ici ce sujet qui est trop complexe lorsqu'on veut le présenter sous son vrai jour.

On peut encore signaler que la formation d'une image optique, sur la pellicule au foyer d'un objectif photographique, ou sur la rétine de nos yeux, doit être étudiée en réalité comme un phénomène d'interférences, puisque tout objectif, y compris le système convergent de la cornée et du cristallin de l'œil, fait converger sur l'image les rayons qui proviennent d'un point de l'objet; ces rayons se rejoignent après avoir suivi des trajets différents, avec une très petite différence de marche (qui serait nulle pour un système optique idéal). Bien que cette nécessité soit connue depuis les travaux de l'opticien allemand Abbe, cette étude délicate ne s'est développée que depuis quelques années.

Enfin, les interférences, même limitées au cas des ondes électromagnétiques, se produisent encore dans la propagation des ondes radioélectriques, et se présentent sous un aspect parfois assez différent, parce que la longueur d'onde, que l'on mesure en mètres et non plus en microns, est alors à notre échelle, et l'on y observe des particularités qui nous étaient insaisissables dans les interférences lumineuses.

Jean Terrien,
Sous-directeur du Bureau international
des Poids et Mesures.

L'examen médical en chaîne des étudiants de Paris

La loi oblige les 40 à 50 000 étudiants de l'Université de Paris, comme d'ailleurs ceux des autres universités, à subir tous les ans un examen sanitaire.

L'effectif des étudiants est considérable, le personnel médical peu nombreux; et cet examen annuel pose un problème de débit qui fait penser à ceux que les ingénieurs ont à résoudre, pour calculer la largeur d'une autostrade ou pour le réglage d'une chaîne de fabrication. C'est d'ailleurs à cette dernière que fait penser l'aménagement réalisé au Centre de médecine préventive de la Cité universitaire par M. Roland Bechmann, architecte de la Cité.

Les données ont été fournies par le docteur Lacourbe, médecin-chef de la Cité : pour écouler dans les limites de l'année scolaire (et si possible au cours du premier trimestre) l'ensemble de l'effectif, il était désirable de pouvoir examiner quotidiennement 5 à 600 étudiants ou étudiantes.

En quoi consiste l'expertise médicale dont chacun d'eux fait l'objet ? Il s'agit essentiellement du dépistage de la tuberculose et de la syphilis, à quoi s'ajoute l'établissement d'une fiche médicale sommaire où figureront les mensurations (poids et taille), le groupe sanguin avec facteur Rhésus et éventuellement quelques observations faites sur le cœur, la tension artérielle et le squelette.

Cette double série de données numériques et médicales commande à la fois la succession des opérations de l' « examen en chaîne » et le temps réservé à chacune d'elles. Avant d'en donner le détail, notons que le but ne pouvait être atteint qu'à condition de réaliser un circuit continu dont l'entrée et la sortie fussent nettement séparées. Aucune rencontre et aucun croisement d'une file montante et d'une file descendante ne devait être tolérée.

Autre impératif : la durée des opérations étant variable, le débit constant obligeait à multiplier le nombre des postes sur la base d'un poste pour une minute d'écoulement. C'est ainsi que la prise de sang (durée : six minutes) exige six postes, tandis qu'un seul poste de mensuration est suffisant pour le passage à la toise et sur la balance (durée : une minute).

En outre, pour des raisons médicales, qui apparaîtront par la suite dans toute leur évidence, deux circuits différents ont été prévus.

Engageons-nous dans le circuit N° 1, balisé par des pancartes et des flèches bleues :

1° L'étudiant passe à un guichet pour contrôle de son identité. Il reçoit une fiche.

2° Debout devant une table haute, il remplit cette fiche (Durée : 4 minutes — 4 places disponibles le long de la table).

3° Passage au vestiaire : l'étudiant y dépose ses vêtements de dessus (chapeau, manteau, serviette). Il reçoit un sac porte-habit et un numéro qu'il fixera à son poignet par un bracelet élastique (fig. 1).

4° Cinq minutes pour se mettre torse nu dans l'une des cinq cabines à deux portes se faisant face. La chemise et le veston sont suspendus dans le sac porte-habits. A la sortie, l'étudiant accroche ce sac à un transporteur à vis sans fin qui l'achemine vers la fin du circuit. Par cette « astuce » l'architecte a évité l'immobilisation des cabines qui sont en général affectées au déshabillage et au rhabillage et où les vêtements séjournent, dévorant de précieuses minutes.

5° L'étudiant pénètre dans la salle de prise de sang. Confortablement étendu sur une chaise longue, il passe son bras à travers une ouverture. De l'autre côté d'une cloison, le médecin prélève le sang veineux destiné à l'examen sérologique.



Fig. 1, 2, 3. — *A gauche :* ***Le numéro fixé au poignet est celui du sac porte-habit.***
Au milieu : ***Passage à la radiographie.*** — *A droite :* ***Sous la toise et sur la balance*** (*Photos* RICHARD-BLIN).

Six minutes : six chaises longues, six postes de prise de sang (voir la photo de couverture).

6° Passage à la mensuration et à la pesée (fig. 3).

7° Passage dans la cellule d'intradermoréaction à la tuberculine, qui est le premier stade de détection de la tuberculose. Les résultats de cette réaction n'étant connus que trois ou quatre jours plus tard, le premier circuit est terminé et une pancarte indique à l'étudiant le jour où il devra se présenter de nouveau.

8° Il retrouve son sac porte-habit, se rhabille, reprend ses vêtements de dessus au vestiaire qui est à deux faces (réception et livraison) et sort.

Le circuit N° 2 (balisé en jaune) est conçu sur le même principe, mais la chaîne est différente en ce qui concerne les opérations médicales qui sont, dans l'ordre :

— Contrôle de l'intradermoréaction ;

— Radioscopie (deux postes) ;

— Radiophotographie (fig. 2) ;

— Et enfin, dernier épisode après rhabillage, l'étudiant est reçu par une assistante sociale qui lui remet son attestation, l'informe des résultats de son examen et lui fait connaître la marche à suivre, au cas où son état nécessiterait des soins.

Cet « examen en chaîne » a maintenant plusieurs mois d'existence. Il a avantageusement remplacé le système antérieur où les mêmes opérations se trouvaient fractionnées dans l'espace et dans le temps, ce qui entraînait plusieurs allées et venues pour les étudiants et un médiocre rendement du personnel médical.

Il fournit également l'exemple d'une heureuse collaboration entre deux techniques : celle du médecin et celle de l'architecte.

G. C.

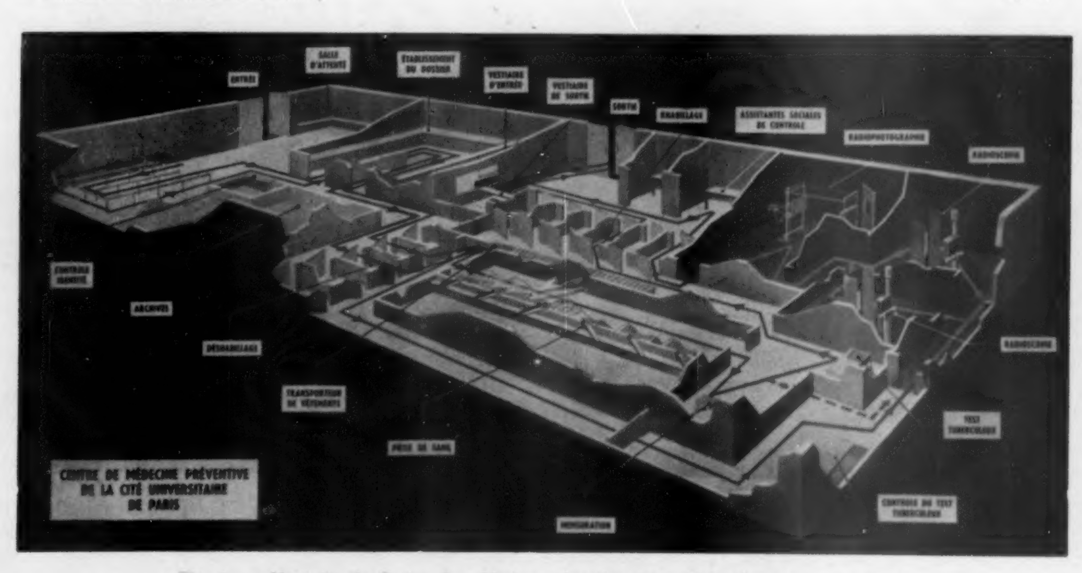


Fig. 4. — ***Maquette du Centre de médecine préventive de la Cité universitaire de Paris.***

Études récentes sur la cicatrisation de la peau

L'étude du processus de la cicatrisation et des facteurs qui peuvent la favoriser ou l'entraver est d'un intérêt évident en médecine et en chirurgie, outre les enseignements physiologiques de premier ordre qu'on peut en tirer. M. Raoul-Michel May, professeur à la Sorbonne, bien connu pour ses travaux dans un domaine très voisin, celui de la greffe des tissus animaux, résume ci-dessous les résultats de récentes recherches sur la cicatrisation de la peau.

★

La cicatrisation, d'ordre pathologique, provoquée par les heurts, les traumatismes et les pertes de substance est si fréquente au cours de la vie d'un individu que chacun la subit obligatoirement peu ou prou.

Une analyse un peu poussée nous montre qu'elle dépend à la fois des mouvements cellulaires et de leur multiplication. A la suite de la constitution d'une plaie chez un Mammifère, on décrit classiquement des phénomènes de dégénérescence et de nécrose, suivis de phénomènes réactionnels, d'abord vasculaires, donnant lieu à la congestion active, à l'œdème et à l'accumulation de globules blancs qui ont traversé les parois des capillaires proches du traumatisme, puis à la fonte des protéines et à l'élimination des cellules mortifiées et de tout ce qui est incompatible avec la vie normale des tissus. Mais, rapidement, entrent en jeu des facteurs réactionnels constructifs. Des cellules inflammatoires prennent naissance et, entourant les vaisseaux néoformés, produisent avec eux un nouveau tissu. C'est là le tissu de granulation, qui est constitué par des masses bourgeonnantes. Ses bourgeons, par leur accroissement, remplissent peu à peu la perte de substance créée par l'élimination des tissus mortifiés, et comblent ainsi la plaie.

Dès que cette matrice arrive à la hauteur de l'épiderme, des cellules néoformées par ce tissu s'avancent concentriquement et, par un phénomène de glissement, recouvrent la totalité des bourgeons. L'épaississement de ces cellules épidermiques va constituer le revêtement de la cicatrice, dont le fond sera formé par la transformation du tissu de granulation en tissu conjonctif adulte.

Trois grands ordres de mouvement et de multiplication cellulaires sont donc à la base des processus réactionnels de la cicatrisation : l'augmentation au lieu lésé du nombre des cellules inflammatoires, de celle des néo-vaisseaux, et de celle des cellules épidermiques. Il est clair que si nous comprenions les facteurs qui commandent ces mouvements des cellules et leur prolifération, nous serions à même de dominer le problème de la cicatrisation.

Des recherches récentes se sont attachées à préciser le déroulement, les causes profondes, et les facteurs favorisants de la cicatrisation. Elles ont trait essentiellement à la cicatrisation de la peau. Son accès facile, sa constitution relativement simple, la possibilité d'études grossièrement quantitatives, le fait que les stades successifs de la cicatrisation cutanée peuvent être suivis sur le vivant, son importance au point de vue pratique dans les blessures et les brûlures les plus communes, en ont fait le matériel de choix dans ce domaine. En vérité, les études sur la cicatrisation de la peau et des tissus sous-jacents sont très nombreuses. Les tentatives pour hâter et régulariser ce processus comptent parmi les entreprises médico-chirurgicales les plus anciennes. Mais ce n'est qu'à une époque relativement récente, depuis le début du siècle, qu'on a soumis la cicatrisation à une stricte observation scientifique et que ces tentatives, faites souvent sur l'animal, ont été jugées à la lumière de méthodes quantitatives et non plus seulement cliniques.

Carrel (1910) est le premier chercheur qui ait nettement distingué la *contraction*, qui rapproche les bords d'une blessure par transport en bloc des couches profondes et de l'épiderme, de l'*épidermisation*, qui recouvre la surface de la lésion par glissement de cellules néoformées. D'après ce biologiste, on peut diviser la cicatrisation, qu'il a étudiée dans la peau du tronc de Chiens, en quatre périodes plus ou moins complètement délimitées :

1° Un temps de latence de 2 à 5 jours pendant lequel la blessure conserve en gros ses dimensions originelles;

2° La contraction qui réduit alors sa surface par rapprochement des bords;

3° L'épidermisation qui complète sa fermeture;

4° La période de transformation du tissu de granulation en tissu fibreux qui donne naissance à la cicatrice proprement dite.



Fig. 1. — Rat blanc sur la peau duquel on a fait deux plaies, de chaque côté du dos, une pour les expériences, l'autre comme témoin.

On voit le bouclier protecteur, ouvert, avec ses compresses, les traits interrompus indiquant sa forme sur la face ventrale. ***a*** : bord libre dorsal du bouclier ; ***b*** : compresse (d'après G. Lindquist, 1946).

Afin de suivre le processus de la cicatrisation avec plus de précision, Carrel et Hartmann (1916) ont dessiné les blessures sur de la cellophane, ont copié ces dessins sur du papier, et ont mesuré leurs surfaces au moyen d'un planimètre. On voit alors que la cicatrisation peut être représentée par une courbe qui indique la réduction de dimension d'une blessure. Si celle-ci est aseptique la courbe est régulière et géométrique.

Sur la base de telles courbes, Leconte du Noüy (1916) fut le premier à déterminer une formule empirique au moyen de laquelle on peut prédire la marche et la durée de la cicatrisation d'une blessure aseptique, surtout utile en clinique, où l'on n'a pas ordinairement de témoin convenable.

Nous devons à Lindquist (1946) une étude très complète, à la fois macroscopique et histologique, de la cicatrisation des plaies béantes de la peau du tronc du Rat blanc. Lindquist a montré qu'une couche de vaseline hâte leur contraction d'environ 30 pour 100 et leur épidermisation d'environ 100 pour 100

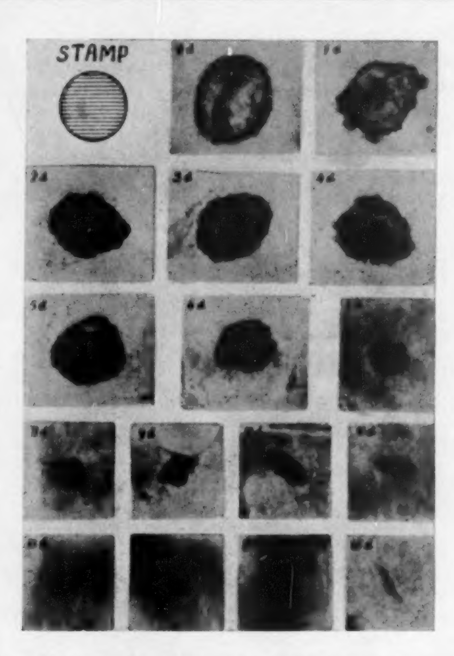


Fig. 2. — Photographies de 16 plaies à différents stades de cicatrisation, depuis un moment tout de suite après la production de la plaie (0 d) jusqu'à la cicatrisation complète (15 d).

Le dessin en haut et à gauche représente le tampon avec lequel on marque la partie de peau à exciser. A remarquer la rétraction de la plaie par rapport au tampon, en 0 d, puis sa diminution progressive au cours de sa cicatrisation (d = jour) (d'après G. Lindquist, 1946).

par rapport à ces processus sous un simple pansement sec. Avec la vaseline, il se forme rapidement une couche épaisse de tissu de granulation, tandis que sous un pansement sec, cette couche est plus lente à se former et n'atteint pas la même épaisseur. D'après Lindquist, la constriction graduelle du tissu de granulation est un facteur important dans la contraction des plaies.

Une importante contribution dans ce domaine a été fournie par les ingénieuses recherches de E. R. Clark et E. L. Clark (1953) sur la croissance de l'épiderme observé dans des chambres plates transparentes insérées dans des oreilles de Lapins. Utilisée depuis 1930 par Clark et ses collaborateurs, cette méthode, sorte de culture des tissus *in vivo*, a permis l'observation sous le microscope de vaisseaux sanguins et lymphatiques ainsi que de nerfs en croissance, des éléments figurés du sang, de tissu conjonctif, etc. La technique est la suivante : on enlève soigneusement la peau dorsale et ventrale d'une région circulaire un peu plus petite que la chambre transparente, et l'on perce un trou au centre de cette chambre doublement écorchée. On insère la chambre transparente, constituée par deux lames rondes, le toit et la base, séparées par quatre blocs très minces de celluloïd, placés à la périphérie du trou, et auxquels elles adhèrent. Les bords coupés de la peau dorsale et ventrale recouvrent la périphérie des deux lames rondes. La partie percée, fermée sur deux côtés par ces lames, constitue alors un espace très mince, de 25 à 100 microns, la région tabulaire, parfaitement transparente, dans laquelle croissent de tous côtés, par la suite, les vaisseaux et les nerfs (fig. 3).

L'épiderme pénètre dans cet espace plat sous forme de cordons cellulaires ou de plages lâches, plus rapidement que les fibroblastes ou les vaisseaux sanguins. Parfois, il forme des anneaux autour des bouts des vaisseaux en croissance ou à une certaine distance d'eux, donnant naissance ainsi à une cavité qui contient un liquide et des débris.

Mais les faits les plus intéressants en ce qui concerne l'interprétation de la cicatrisation ont rapport à l'influence inhibitrice de l'épiderme sur le type et le comportement des tissus environnants. Il empêche d'abord mécaniquement leur migration. De plus, la fibrine est rapidement dissoute dans son voisinage, ce qui porte à croire qu'il produit un enzyme fibrinolytique. La fibrinolyse a d'ailleurs lieu près de la couche externe des bandes épidermiques, et non pas près de leurs couches basales.

Le tissu conjonctif qui se forme près de l'épiderme est grossier et en rangs parallèles, tandis qu'ailleurs il est formé de fibres fines et irrégulières. Les vaisseaux qui se forment près de l'épiderme prennent souvent une forme sinueuse, ses artérioles et ses veinules s'élargissent, leur circulation est très active, leur endothélium subit des transformations, mises en évidence par la margination des leucocytes, et qui persistent pendant la phase de dégénérescence de l'épiderme.

Ces effets, dus à l'action de l'épiderme sur les tissus environnants, peuvent être expliqués, partiellement tout au moins, comme le suggèrent Clark et Clark, par l'émission, à partir des cellules épidermiques, de substances qui sont peut-être de nature toxique. Mais le fait que l'épiderme seul dégénère, alors que les vaisseaux sanguins et lymphatiques, les nerfs, le tissu conjonctif persistent dans la chambre transparente aussi longtemps qu'elle demeure en place, montre que l'épiderme ne trouve pas dans un tel milieu des conditions aussi favorables pour son fonctionnement normal que ces autres tissus. Cela montre aussi, à un point de vue pratique, avec quelle prudence il faut envisager la possibilité de couvrir ou de comprimer des plaies avec des produits, de nature lipidique ou autre, qui, sous

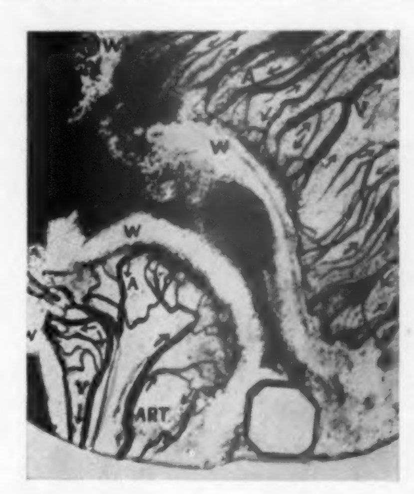


Fig. 3. — Photographie, sous le microscope, d'une partie de chambre transparente, 19 jours après son insertion dans l'oreille d'un Lapin.

L'épiderme forme des bandes blanches (W). Riche vascularisation, avec des artérioles terminales relativement larges (A et ART) et des veinules élargies (V). On voit également des vaisseaux terminaux faisant la connexion entre les artères et les veines, juste sous l'épiderme. Les flèches indiquent le sens du courant sanguin. A droite, en bas, bloc octogonal de celluloïd, un des quatre supports des lames de la chambre transparente (d'après E. R. Clark et E. L. Clark, 1953).

prétexte de hâter la cicatrisation, maintiennent sur place des produits du métabolisme de l'épiderme en état de régénération, produits qui peuvent être nocifs pour lui et pour les autres tissus cicatriciels.

Les recherches que nous venons de citer ont surtout mis l'accent sur le mouvement cellulaire dans la croissance régénérative d'une blessure. D'autres travaux se sont particulièrement inté-

ressés à l'aspect prolifératif, mitotique, de cette question. Bullough (1946) l'a étudié d'abord dans la peau normale, puis à la suite de blessures, en rapport avec le cycle sexuel chez la Souris femelle adulte.

L'activité mitotique (division des cellules) est normalement importante dans l'épiderme et négligeable dans le derme et l'hypoderme. Dans l'épiderme, elle est cyclique, montrant un maximum pendant la période de prœstrus, et un minimum le premier jour du diœstrus. Après une blessure cutanée, l'augmentation considérable du taux mitotique n'a pas de rapports avec le cycle œstrien, et n'est pas influencée par des injections d'œstrone, hormone ovarienne. Pendant la cicatrisation, on voit des mitoses surtout parmi les cellules épidermiques, mais aussi dans le derme et l'hypoderme, dans le tissu conjonctif, l'endothélium des capillaires, les cellules des follicules pileux et des glandes sébacées, et même parfois dans le muscle strié du pannicule charnu (peaucier). Il est clair qu'en dehors des leucocytes toutes les cellules, dans un rayon d'environ 0,5 mm de la blessure, sont stimulées à se diviser; au delà de ce rayon, cet effet disparaît rapidement. Ces mitoses anormalement nombreuses vont de pair avec la migration cellulaire qui referme éventuellement la lésion; la division cellulaire est alors rapidement détruite.

L'agent responsable de cette activité mitotique exagérée, et qui frappe des cellules qui normalement ne se divisent pas, est local et dépend de la blessure même. Bullough pense que les tissus blessés émettraient, non pas une substance stimulatrice de mitoses, mais une substance qui éliminerait l'inertie à la division des cellules avoisinantes. Celles-ci deviendraient alors sensibles à de minimes quantités d'excitants mitotiques tels que les hormones œstrogènes, ce qui expliquerait leur simultanéité à cet égard. S'il existe un déprimant de l'activité mitotique, celui-ci ne pourrait faire sentir son action qu'après la cicatrisation de la blessure.

Encouragé par les résultats de Fischer sur les cultures de tissus, Schæffer (1950) a tenté d'influencer la régénération de lésions expérimentales de la cornée en leur administrant des acides aminés. Tout l'épithélium cornéen est enlevé entre deux traits distants de 2 mm, chez les deux yeux de Cobayes. L'œil

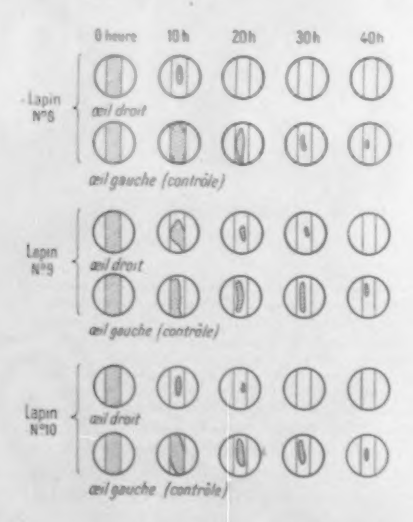


Fig. 4. — *Cicatrisation comparée dans les deux yeux de trois Lapins ayant subi des plaies semblables de leur cornée.*

Œil droit traité avec un mélange type d'acides aminés ; œil gauche témoin traité avec une solution de sérum physiologique (d'après A. J. Schaeffer, 1950).

droit reçoit toutes les heures une solution physiologique de sels à 0,6 pour 100, contenant de la cystine, de la proline, de l'asparagine, de la glutamine, à un *p*H de 7,2, tandis que l'œil gauche ne reçoit que la solution de sels sans acides aminés. La lésion de l'œil droit se recouvre d'épithélium en 12 à 42 heures, celle de l'œil gauche entre 55 et 120 heures seulement. Des résultats semblables ont été obtenus dans des blessures cornéennes chez le Lapin. Il semble que ce soit surtout la cystine qui stimule l'épithélialisation, car sans elle celle-ci ne se produit pas; la méthionine ne peut d'ailleurs pas la remplacer.

Le rôle des acides aminés et des protéines a, par ailleurs, fait l'objet d'un certain nombre de recherches dans ce domaine. A. M. Clark (1919) a publié l'effet accélérateur d'une alimentation riche en protéines dans la cicatrisation des plaies chez le Chien. Harvey et Howes (1930) ont confirmé ces données en étudiant le taux de croissance de fibroblastes dans la réparation des plaies; ce taux a été étudié quantitativement par la mesure de la force de résistance à une tension de la cicatrice. D'après Thompson, Ravdin et Frank (1938), une diminution de 15 pour 100 des protéines plasmatiques ralentit la cicatrisation des plaies, tandis qu'une diminution de 25 pour 100 peut l'arrêter complètement.

Afin de suivre l'action des protéines sur la cicatrisation des plaies d'une façon continue, Chalkey, Algire et Morris (1946) ont appliqué la méthode de la chambre transparente de Clark et Clark, déjà citée, à la Souris. Ils ont alors observé *in vivo* que des régimes trop pauvres ou trop riches en protéine (lactalbumine) retardent considérablement la vascularisation de blessures sous-dermiques. Chez le Rat, Localio, Morgan et Huiton (1948) ont vu également, dans le cas de blessures abdominales, qu'un régime pauvre en protéines réduit leur prolifération réparatrice et retarde leur cicatrisation. Dans ces cas, l'administration parentérale de méthionine aurait un net effet bénéfique, ramenant ces processus vers la normale.

C'est peut-être par l'action bénéfique de certaines protéines et d'acides aminés que nous devons expliquer l'action d'extraits tissulaires sur la cicatrisation. Déjà en 1925, Baker et Carrel, à la suite des travaux sur les extraits embryonnaires de Carnot (1910), ont décrit l'action accélératrice de suc embryonnaire sur la cicatrisation. Elle a été étudiée par la suite par de nombreux chercheurs. L'action de tissus adultes a fait l'objet de recherches plus récentes. C'est ainsi que Hoffman, Dingwall et Andrus (1946) ont montré expérimentalement et cliniquement que de l'extrait de cœur de Mouton adulte contient une substance qui accélère la cicatrisation. Dans le cas d'excisions bilatérales de peau chez le Chien, celle qui est traitée par cet extrait guérit environ 40 pour 100 plus rapidement que la blessure contralatérale traitée avec une solution physiologique de sels. Des blessures indolentes chez l'Homme sont stimulées vers la guérison, mais on observe peu d'effet sur des blessures d'individus normaux. Il semble que le facteur actif soit une protéine de type enzymatique.

Ces dernières années, Filatov (1949) a prôné une technique empirique, la thérapeutique tissulaire, basée surtout sur l'implantation de placenta, mais aussi d'autres tissus, et qui guérirait divers états pathologiques, dont les plaies, au moyen d'une « biostimuline » hypothétique.

Velley (1954) a montré ainsi que des implants de rate de Lapin, préparés suivant diverses techniques, accélèrent la cicatrisation de plaies cutanées chez le Rat. Mais les implants sont d'autant plus efficaces que la plaie initiale est plus petite, et leur action s'exerce surtout dans les premiers jours qui suivent le traumatisme et l'implantation. Velley a aussi injecté des Rats avec un sérum de Lapin anti-embryon de Rat. Des plaies cutanées cicatrisent plus vite que celles des témoins injectés avec du sérum de Lapin normal.

Cette action semble spécifique, car des Souris et des Cobayes traités au même sérum présentent un retard de la cicatrisation

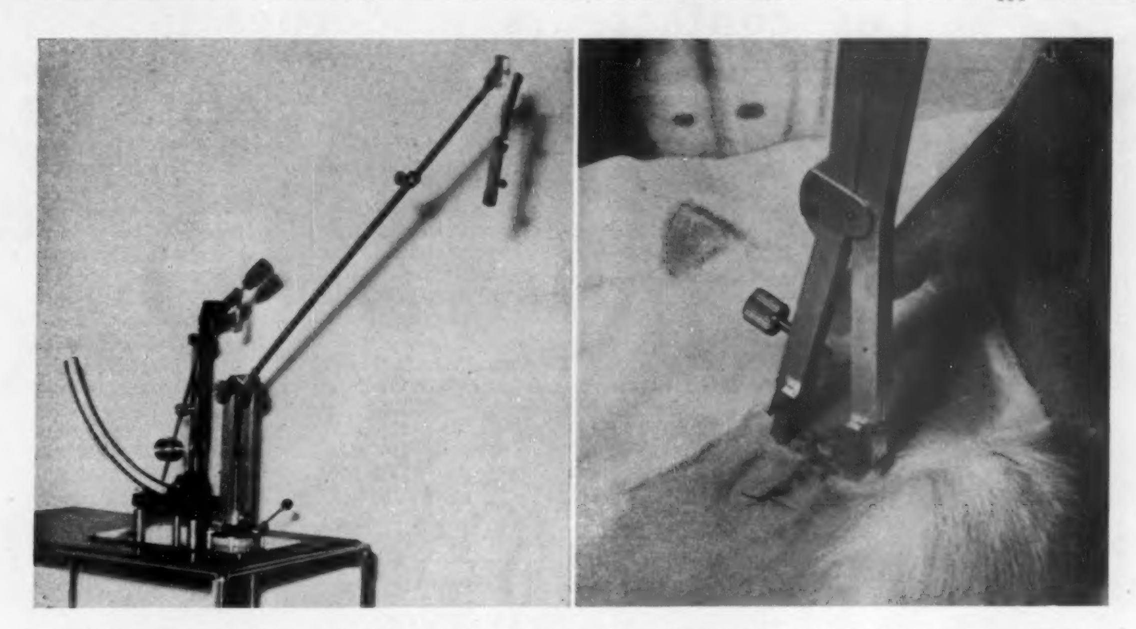


Fig. 5 et 6. — Appareil utilisé au Laboratoire de chirurgie expérimentale de l'Université de Lund (Suède) pour mesurer la résistance d'une plaie en cours de cicatrisation.

Les crochets du tenseur sont pressés dans la peau de chaque côté de la plaie puis écartés progressivement ; la plaie se rompt lorsque la traction excède sa résistance à la tension ; celle-ci est mesurée en grammes au moyen d'un tensiomètre relié aux crochets (*Photos aimablement communiquées par* P. Sandblom *et* A. Muren, *Institut de Physiologie de l'Université de Lund*).

par rapport à leurs témoins. Mais si, au lieu d'employer des embryons de Rat de 18 jours, on les prend à 8 jours de développement, alors que la spécificité de l'espèce n'est pas complètement déterminée, la cicatrisation se fait dans les trois espèces plus vite que pour leurs témoins. L'action n'est plus spécifique dans ces conditions.

Mais toutes ces recherches n'ont pas fait la lumière sur la nature du ou des facteurs qui provoquent la cicatrisation à la suite d'une blessure. Wiesner, dès 1893, a pensé que des cellules blessées pourraient émettre des substances qui provoqueraient la multiplication de cellules normales, et, en 1921, Haberlandt a démontré la présence de telles substances chez les plantes. En 1906, Carnot, avec Deflandre, a montré, au cours de la régénération sanguine après saignée, que le sang circulant, d'une part, les organes hématopoïétiques (sanguiformateurs), de l'autre, renforcent considérablement les propriétés stimulantes sur la prolifération sanguine qui existent déjà à l'état normal. Avec Terris, il a appliqué en 1926 cette notion de cytopoïétines à la thérapeutique cutanée. Les animaux sont ici préparés en faisant, sur de larges étendues de peau, une série de scarifications constituant un grand nombre de petites plaies cutanées qui se réparent très vite. La peau est ensuite enlevée et son extrait glycériné est utilisé en pansements sur des plaies de téguments, telles que des brûlures ou des ulcères variqueux chez l'Homme. Les résultats thérapeutiques sont nets : la cicatrisation est considérablement abrégée.

Young, Fisher et Young (1941) ont étudié 657 plaies ouvertes chez le Lapin. Les grandes plaies cicatrisent à un taux plus rapide que les petites, et les plaies secondaires à un taux plus élevé que les plaies primaires. Il semble qu'un facteur accessoire d'accélération agisse dans les plaies secondaires à l'exclusion des plaies primaires, mais ces auteurs n'ont pu déterminer si l'on a affaire à une substance spécifique de croissance, à un sous-produit de type immunologique, ou à un autre principe. Ce facteur accessoire est d'ailleurs moins important que celui qui détermine le taux de cicatrisation plus rapide des grandes plaies par rapport aux petites. De toute façon, ces expériences montrent que la cicatrisation d'une plaie ouverte n'est pas un phénomène d'ordre local, mais qu'elle dépend de facteurs généraux de l'organisme entier.

Ce que sont ces facteurs, et leur rôle exact dans les différents temps de la cicatrisation, voilà des problèmes qui susciteront, à n'en pas douter, de nouvelles recherches dans cet important domaine.

Raoul-Michel May,
Professeur à la Sorbonne.

Le braconnage à Madagascar

Madagascar est un foyer unique d'espèces endémiques rares, animales et végétales, dont l'intérêt scientifique est exceptionnel et qui se trouvent menacées par l'incompréhension locale. Une lettre du président de la Société de chasse de Tananarive à l'Union internationale pour la protection de la Nature a signalé que le gibier, particulièrement les oiseaux et les lémuriens, est massacré sans aucun respect des dates d'ouverture et de fermeture de la chasse ; il se raréfie dangereusement d'année en année. Le braconnage pratiqué impunément autant par les chasseurs européens que par les piégeurs indigènes prend des proportions inquiétantes ; enfin, les coupes effectuées dans la forêt malgache viennent apporter une menace supplémentaire en détruisant les habitats de la faune. Les protestations des naturalistes et des chasseurs ne semblent trouver aucun écho dans le pays et c'est à l'U.I.P.N. qu'elles s'adressent. Le président de l'Union s'est empressé d'attirer l'attention du haut commissaire de Madagascar sur cette alarmante situation. L'Assemblée des professeurs du Muséum de Paris a émis un vœu pour que les mesures qui s'imposent soient prises.

Les contacteurs modernes

Le développement spectaculaire de l'Électronique a détourné l'attention d'un organe essentiel de l'Électrotechnique, qui est le *contacteur*. Cela se comprend : l'électronique apporte une formule particulièrement séduisante, en permettant de manipuler, d'aiguiller le courant lui-même, sous la forme de flux d'électrons ou d'ions, tandis que le contacteur se réfère à la vieille formule du circuit mobile avec surfaces de contact.

Il faut pourtant se rendre à l'évidence. Au bout de plusieurs années de concurrence, le contacteur demeure universellement employé. Ce ne sont pas des lampes triodes, des thyratrons, des ignitrons qui commandent nos ascenseurs, les motrices du métro, la plupart des machines-outils. Ce sont des contacteurs, souvent associés, il est vrai, avec un ou plusieurs relais électroniques (ou thermo-ioniques), dont ils constituent la phase terminale. Cette association concilie les avantages des deux systèmes en réservant la finesse de discrimination aux étages électroniques, la puissance aux contacteurs.

Principe des contacteurs. — Théoriquement, un contacteur n'est pas autre chose qu'un *relais* : autrement dit, une bobine à noyau, parcourue par un faible courant de commande, qui met en mouvement une armature de contact; celle-ci vient fermer le circuit du courant principal. Depuis près d'un siècle, les ingénieurs télégraphistes connaissaient ce dispositif fort simple : d'où vient son ample succès actuel ?

Tout d'abord, le contacteur permet d'opérer les contrôles sur des courants de commande peu importants, à l'aide d'un appareillage minimum. Ainsi, les bobines motrices d'un contacteur de 300 ampères (service continu) absorbent seulement 40 watts de courant de commande si celui-ci est continu, ou 100 volts-ampères s'il s'agit d'un courant de commande alternatif : la disproportion est considérable.

Une autre propriété essentielle du contacteur est qu'il peut être télécommandé au moyen de boutons-poussoirs, de manettes, de leviers à deux degrés de liberté, comme on en emploie dans les appareils de levage; ces organes manuels peuvent être placés à grande distance des contacteurs, ceux-ci étant au contraire placés à proximité immédiate des moteurs commandés, afin de réduire la longueur du câblage de puissance.

De là résulte un troisième caractère — « cybernétique », pourrait-on dire — du contacteur : c'est qu'il se prête à l'*automatisation*. Rien n'empêche, en effet, de confier le contrôle du courant de commande, non plus à un être humain, mais à un automate tel que flotteur, thermostat, manostat, cellule photo-électrique, etc. L'action effectuée peut d'ailleurs retentir sur la cause, par le principe classique du *feed-back*, de façon différentielle. Ainsi, quand le conducteur du métro (système Westinghouse multiple) avance sa manette, les contacteurs de démarrage du moteur n'obéissent pas immédiatement; ils interviendront successivement, pour court-circuiter progressivement les résistances, au fur et à mesure de l'augmentation de la force contre-électromotrice des moteurs.

La notion des *images thermiques*, permettant de reproduire systématiquement à distance, sur le châssis des contacteurs, la température du moteur à commander, ainsi que la création des relais à *essais successifs* et à grande temporisation, permettent aujourd'hui de confier à des appareillages à contacteurs des opérations « intellectuelles » exigées pour la conduite des installations électromécaniques complexes. Dans cette voie, la technique est encore fort loin d'avoir atteint ses limites.

Ajoutons que le contacteur, simple appareil de manœuvre à l'origine, a pu être transformé, moyennant certaines précautions, en *disjoncteur* de distribution doué d'un pouvoir de coupure élevé en cas de court-circuit.

Anatomie des contacteurs. — Un contacteur est toujours constitué par les éléments standards suivants : les pôles, qui assurent l'établissement et la coupure du courant de puissance; l'électro-aimant, qui est l'organe moteur du contacteur; l'arbre mobile; les contacts auxiliaires, notamment celui de « réalimentation » et, éventuellement, les contacts temporisés.

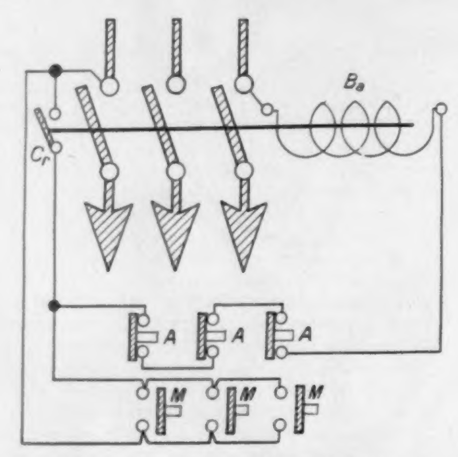


Fig. 1. — *Principe de la réalimentation.*

Le contacteur est représenté schématiquement par une tige horizontale CrBa coulissant de gauche à droite par aspiration de la bobine Ba ; Cr est le contact de réalimentation. On voit qu'il suffit d'appuyer sur l'un des boutons M pour obtenir la fermeture du contacteur et sur l'un des boutons A pour l'ouvrir.

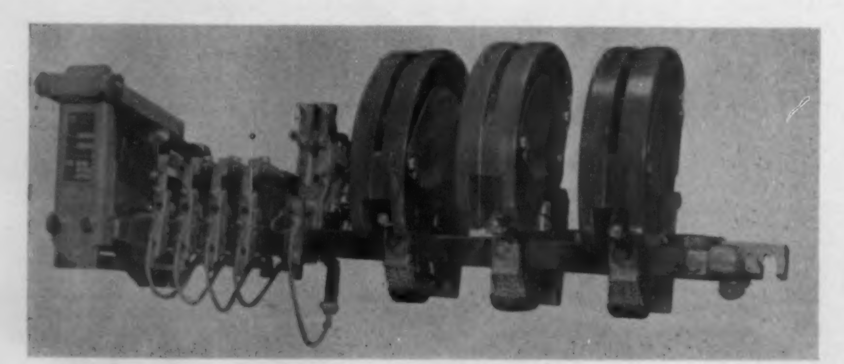


Fig. 2. — *Type de contacteur triphasé moderne.*

De droite à gauche : trois alvéoles réfractaires contenant les contacts principaux, minuterie de temporisation, deux groupes de contacts de réalimentation bipolaires, fonctionnant l'un à l'ouverture, l'autre à la fermeture, boîtier du circuit magnétique moteur. L'ensemble des bras mobiles des contacts est monté sur la barre carrée horizontale, formant axe, qui pivote sous l'action du dispositif magnétique. On remarque les tresses métalliques qui permettent un passage du courant plus correct que par les axes.

(*Photo Télémécanique Électrique*).

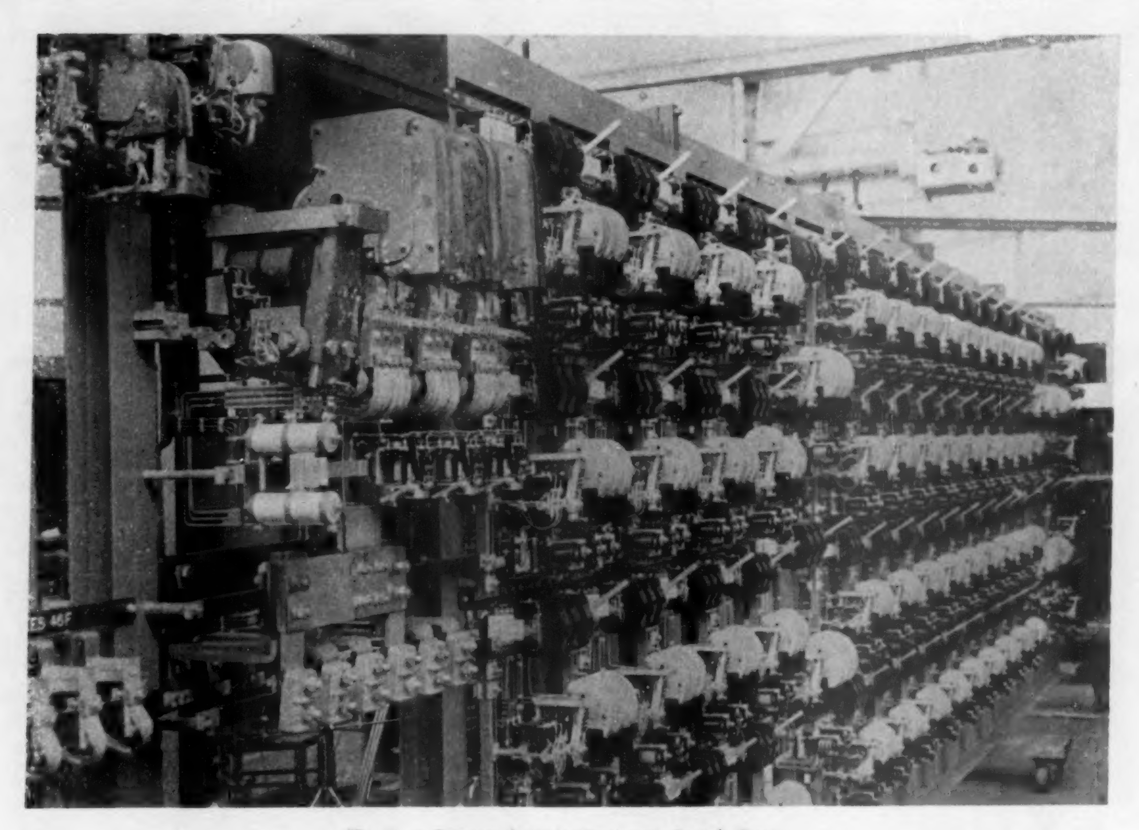


Fig. 3. — *Panneau de contacteurs aux mines de Bruay.*
Ce tableau comporte 276 départs ; au premier plan, un contacteur de 2 500 A, dont on distingue la bobine motrice.

Dans les types les plus courants, le contacteur se présente sous forme ramassée et schématique, les différents éléments étant fixés sur un profilé d'acier à section en U. A une extrémité, se trouve la bobine d'attraction; l'armature, attirée par cette bobine, ainsi que les bras de contact mobiles, sont montés sur une forte barre carrée horizontale, en résine synthétique isolante; l'âme de cette barre est une tige en acier, dont les extrémités forment tourillons pour le pivotement.

Le circuit magnétique de la bobine d'attraction constitue l'élément moteur; il est établi généralement en tôle d'acier à haute teneur en silicium, offrant un pouvoir coercitif faible, c'est-à-dire se désaimantant rapidement dès la cessation du courant. Les pertes par hystérésis sont faibles, ce qui est important quand le courant de commande est alternatif, le feuilletage s'opposant d'autre part aux courants de Foucault.

Le noyau de la bobine peut être droit; il a le plus souvent la forme d'un U, la bobine entourant une des branches. L'armature mobile présente un certain jeu sur le bras qui la relie à la barre pivotante, ce qui permet un collage rigoureux des surfaces magnétiques portantes; celles-ci sont par ailleurs soigneusement rectifiées, en vue d'éviter les ronflements.

Les bobines, devant rester sous courant pendant de longues heures, doivent être réalisées avec soin. L'emploi des isolants synthétiques a permis de construire des bobines-blocs robustes, entièrement assimilables à des organes mécaniques.

Courant de commande et réalimentation. — L'emploi de courant continu ou alternatif pour la commande présente des avantages et des inconvénients. A intensité efficace égale, le courant alternatif produit une attraction plus énergique, à cause des pointes périodiques; par contre, il tend à produire un ronflement, parfois bruyant.

Pour atténuer ou annuler ce ronflement, on utilise l'artifice de la *bague de déphasage*; cette dernière, réalisée en cuivre ou en aluminium, est placée sur une partie du noyau, dont l'extrémité est fendue en deux; un courant, décalé approximativement d'un quart de période, se trouve induit dans cette spire unique; il en résulte que l'attraction ne passe jamais par zéro, ce qui diminue le ronflement.

A l'aide de *redresseurs* à l'oxyde de cuivre ou au sélénium, il est possible de transformer en courant continu une petite part du courant alternatif fourni par le secteur, en vue d'assurer l'alimentation des bobines de contacteurs; cette solution est préférable à l'emploi d'une source séparée de courant continu car elle conserve l'avantage de la « protection au manque de tension », autrement dit de l'ouverture spontanée du contacteur en cas de manque de courant.

Malgré divers inconvénients, la consommation de courant de commande est moindre avec le continu qu'avec l'alternatif.

Le *contact de réalimentation*, constitué par un doigt léger fixé sur la même barre de pivotement que les contacts principaux, joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des contacteurs (fig. 2). En effet, la commande s'effectue généralement en appuyant quelques instants sur un bouton; le contacteur retomberait donc au zéro, dès que la pression sur le bouton de commande aurait cessé, si le contact de réalimentation n'intervenait, précisément, pour maintenir le courant dans la bobine. Pour obtenir l'ouverture du contacteur,

il suffit d'appuyer sur un second bouton, marqué *arrêt*, qui coupe, durant un instant, le courant de réalimentation. Le contacteur s'ouvre alors de lui-même, par gravité ou sous l'action d'un ressort.

Contacts et soufflage. — Les pièces de contact d'un contacteur constituent, si elles sont mal étudiées, le point critique de l'installation ; elles donnent lieu, sous l'action d'arcs destructifs, à des soudures intempestives entre les pièces mobiles, ou encore à la formation, par fusion, de perles de métal ou d'oxyde qui viennent s'opposer à un contact franc.

Aussi les constructeurs se sont-ils efforcés d'établir des contacts à nettoyage automatique des surfaces portantes ; on



Fig. 4. — *Disposition des boutons de commande sur un pupitre, pour la commande d'un four de métallurgie électrique.*
La disposition des boutons évoque les manœuvres commandées, comme dans les tableaux de télécommande des aiguillages de chemins de fer (Arbed).

est ainsi conduit aux notions de contacts « glissants » ou « à roulement », dans lesquels le contact mobile glisse ou roule faiblement sur la partie fixe après l'entrée en contact.

Quel que soit le système de contact adopté, les surfaces prévues doivent être largement suffisantes pour une intensité normale par centimètre carré. L'articulation du contact mobile, qui offrirait un mauvais passage au courant, est par ailleurs généralement court-circuitée par un conducteur souple, réalisé en tresse de cuivre et appelé *shunt*. Les dimensions de cette tresse doivent être prévues de telle façon qu'elle ne produise pas de court-circuit, par sa chute, en cas de rupture.

Pour une tension du courant de puissance supérieure à 48 V, à la pression atmosphérique, il est inévitable qu'un arc se produise lors de la rupture. Dès que la puissance dépasse quelques centaines de watts, cet arc devient rapidement destructeur s'il dure plus d'une faible fraction de seconde ; de là la nécessité des dispositifs de *soufflage* qui, dans les contacteurs, sont réalisés sous forme magnétique. On sait qu'à l'inverse, dans les disjoncteurs à grande puissance et à haute tension, le soufflage est fréquemment assuré par l'air comprimé ou par des jaillissements d'huile.

Le principe du soufflage magnétique est le suivant : chaque contact est encadré par deux cloisons en matière réfractaire, ou boîtiers, qui portent elles-mêmes extérieurement des joues en acier doux, formant les épanouissements polaires de bobines électriques. Chaque bobine porte quelques tours de gros conducteur traversé par le courant de puissance du pôle correspondant. A l'instant de la rupture, l'extra-courant engendre entre les deux joues, donc à travers l'alvéole réfractaire, un champ magnétique intense, qui repousse l'arc, élément de contact mobile, vers le haut. L'arc s'allonge, se refroidit, se désionise et se coupe presque instantanément.

Exceptionnellement, on construit des contacteurs qui se ferment quand le courant cesse dans la bobine et s'ouvrent par l'envoi du courant ; ils sont utilisés, notamment, pour les circuits de freinage. On emploie également des contacteurs *inverseurs*, qui peuvent être remplacés par deux contacteurs verrouillés électriquement ou mécaniquement ; ces dispositions conviennent pour la commande des appareils de levage et des machines-outils à cycles de fonctionnement.

Relais temporisateurs. — Les relais temporisateurs sont des appareils du type des minuteries d'escalier, qui interviennent pour envoyer, suivant un « programme » fixé à l'avance, le courant de commande dans les bobines de différents contacteurs, par exemple en vue d'obtenir le démarrage correct d'une installation motrice.

Les relais temporisateurs diffèrent suivant le délai à obtenir. Quand celui-ci ne dépasse pas une seconde, on utilise très simplement de petits relais à bobine possédant un enroulement supplémentaire en court-circuit ; quand on coupe le courant du bobinage n° 1, la self-induction du bobinage n° 2 intervient pour maintenir l'attraction durant le laps de temps désiré.

Pour des délais supérieurs, on peut utiliser la « cataracte » à mercure, le soufflet à air, la minuterie oscillante avec accrochage par diminution d'amplitude. Toutefois, les trois types les plus employés sont le disque freiné par courant de Fou-



Fig. 5. — *Équipement cybernétique d'une turbine à sucre à 1 500 t/mn.*
Grâce à son commutateur tournant, visible à travers un hublot de la porte, l'appareil commande automatiquement toutes les fonctions du turbinage ; il peut effectuer de 4 à 8 cycles à l'heure (*Photo Télémécanique Électrique*).

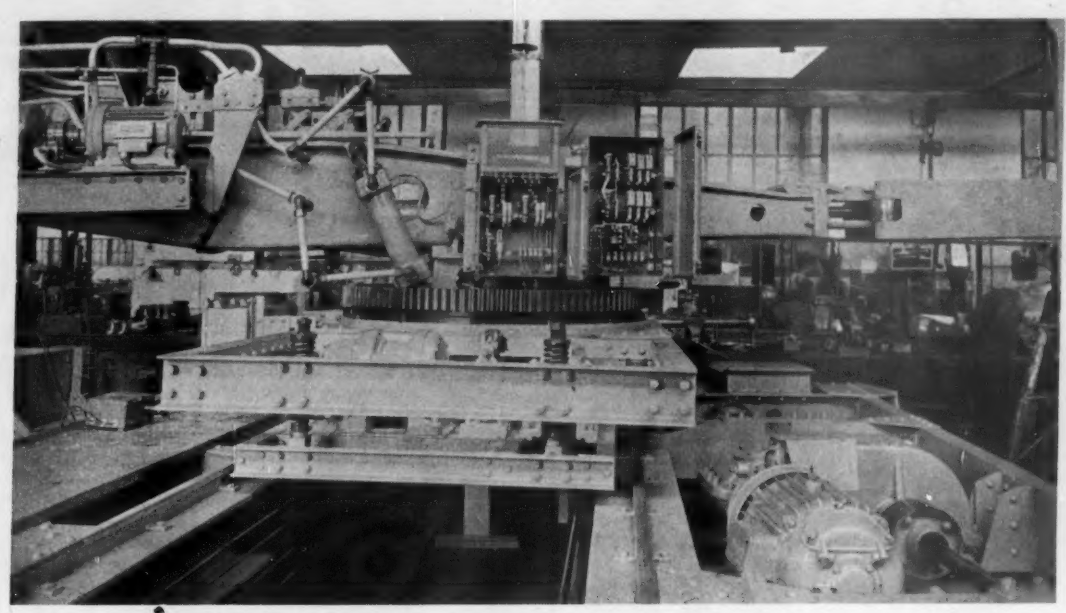


Fig. 6. — *Détail d'une enfourneuse de lingots pour aciérie, montrant le logement des armoires à contacteurs.*
Mouvements de déplacement électriques ; serrage de la pince (4 t) hydraulique ; poids : 18 t ; 60 manœuvres à l'heure.

cault (analogue à celui des compteurs électriques), le moulinet (analogue au modérateur des sonneries d'horloges) et l'échappement à ancre. Il est à remarquer que cette ancre ne possède pas de couple de rappel, en sorte que ses oscillations appartiennent à la catégorie *relaxation*, et sont assez peu précises, ce qui est ici sans inconvénient.



Fig. 7. — *Commande par contacteurs d'une machine verticale à détourer et aléser les bielles.*
Usines Renault, à Flins.

On construit également des relais à répétition comportant un élément moteur, tel qu'un noyau plongeur et un élément retardateur, tel qu'un soufflet à valve ainsi qu'une roue à encoches avec cliquet. Quand le courant passe, le noyau s'élève, poussant le cliquet, qui fait avancer la roue d'un cran, et en comprimant le soufflet; quand le courant cesse, le noyau retombe instantanément, entraînant le cliquet, tandis que la roue reste retenue par un becquet. Le soufflet se dilate lentement et, en arrivant en fin de course, relève le becquet, en sorte que la roue revient au zéro.

Tel est le fonctionnement pour une seule « alerte ». Mais si le noyau s'élève de nouveau avant la fin de la course du soufflet — soit un délai réglable de 5 à 30 s —, la poussée du cliquet s'exerce sur le cran suivant. La roue continue à tourner et, au bout d'un certain nombre d'*alertes rapprochées*, commande la manœuvre de déclenchement. Cet ingénieux dispositif est employé notamment par l'Alsthom.

Images thermiques. — Les relais magnétiques ci-dessus, fonctionnant par maximum ou minimum de courant, sont capables de faire face à la plupart des manœuvres courantes, dans une installation industrielle. Si on a besoin d'une coupure ultra-rapide en cas d'alerte, on fait intervenir, non plus la valeur propre du courant, mais sa dérivée par rapport au temps; la réalisation comporte un transformateur, dans lequel la tension, aux bornes du secondaire, se trouve précisément proportionnelle, en vertu des lois de l'induction, à la rapidité de variation du courant dans le primaire.

L'introduction des « images thermiques » a nettement accentué le caractère « cybernétique » des installations à contacteurs, en permettant à ces derniers d' « apprécier » indirectement l'état de fatigue thermique de la machine commandée.

Voyons d'abord ce qu'on appelle un *relais thermique*. L'organe essentiel est ici un *bilame*, formé de deux lames métalliques accolées, de coefficients de dilatation très différents : par exemple, un laiton et un ferro-nickel voisin de l'invar. Fendu sur les trois quarts de sa longueur en forme d'élément

de résistance, le bilame est traversé par la totalité du courant à contrôler ou, si ce dernier est considérable, branché aux bornes d'un shunt. Sa déformation est proportionnelle à la différence de température subie jusqu'à 160°.

En se cambrant comme une carpe, le bilame vient pousser le déclic d'une genouillère, produisant le déclenchement du relais. Des montages différentiels à deux bilames permettent de compenser l'effet « saisonnier » de la température ambiante.

Ainsi constitué, le bilame est déclenché uniquement sous l'effet de l'intensité. Mais il est possible de placer dans son voisinage des masses magnétiques, feuilletées ou non, soumises au flux alternatif d'un bobinage parcouru par tout ou partie du courant à contrôler. L'échauffement de cette masse dépend à la fois du carré de l'intensité (effet Joule), de l'hystérésis et des courants de Foucault, qui dépendent eux-mêmes respectivement de la puissance 1,6 et du carré de l'induction magnétique. En jouant sur ces différents paramètres et sur les surfaces de refroidissement, on peut ainsi construire, à l'intérieur du relais, une fidèle *image thermique* du moteur contrôlé. Cette image agit sur le bilame et garantit le moteur contre l'échauffement au même titre que si le bilame était placé sur le moteur lui-même.

Équipements de machines. — Les contacteurs sont aujourd'hui universellement employés, dans les usines, à bord des navires ou des engins de levage, groupés dans des « armoires de commande », elles-mêmes placées sous la dépendance de boutons-poussoirs. Trois boutons suffisent pour commander le mouvement d'un moteur : avant, stop, arrière ; il faut ajouter les commandes de variation de vitesse, ainsi que l' « avancement lent » pour certaines grosses machines. Ces boutons sont placés sur un coffret fixe, à portée de l'ouvrier, ou, parfois, suspendus à un câble. La centralisation des commandes est primordiale pour le rendement et la sécurité.

Les interrupteurs et commutateurs à galets, à leviers, à « lyre » basculante, à cames, permettent aux machines de se commander elles-mêmes, supprimant de pénibles sujétions mécaniques, telles que courroies croisées et crabotages. La multiplicité des moteurs est aujourd'hui de règle, sur les grosses machines ; sur de grandes unités complexes, telles que les « Transferts » de Renault, la conduite rationnelle serait inconcevable sans le secours des contacteurs.

Le service technique des appareils de levage est particulièrement sévère ; les mouvements sont multiples, ils doivent être exécutés avec des charges considérables et avec précision, malgré les efforts perturbateurs du vent, de l'inertie et du balancement de la charge.

Le freinage est ici une fonction primordiale ; il s'effectue par débit sur résistances, par récupération à contre-courant, par changement de polarité, et doit toujours être « confirmé » en fin de course, par la chute brusque d'un frein électromagnétique.

Dans les cabines de ponts et les loggias des grues, on utilise à peu près uniquement des *controllers* à levier, le mouvement du levier devant obligatoirement s'opérer dans le sens du mouvement qui en résultera pour la charge, afin de permettre aux réflexes du conducteur de jouer avec sécurité. Le levier à deux degrés de liberté, analogue à un « manche à balai » d'avion, est particulièrement recommandable ; des arbres à cames, entraînés par les leviers, établissent, au moyen de contacts mécaniques, le courant de commande qui fera fonctionner les bobines d'attraction des contacteurs principaux.

Pour l'installation des trains réversibles de laminoirs, et particulièrement des gros bloomings alimentés par groupes Ilgner à volant, seule l'utilisation rationnelle des contacteurs a permis de tirer de la technique théorique toute son efficacité. Il est à remarquer que les contacteurs interviennent ici au deuxième ou même au troisième degré, en agissant sur l'excitation des excitatrices, ce qui permet de contrôler, avec une extraordinaire rapidité, des puissances colossales.

Pierre Devaux.

Le développement du rhénium

Le rhénium, de poids atomique 186, est un métal de la famille du platine ; son point de fusion très élevé, 3 188°, et sa dureté considérable après forgeage lui assureront prochainement, malgré son prix très élevé, un certain nombre d'applications industrielles. L'industrie américaine doit en produire de 5 à 10 t par an à partir des minerais de molybdène et de cuivre. La firme Mallory a développé un nouveau procédé de préparation basé sur la transformation du perrhéniate de potasse en perrhéniate d'ammonium qui est réduit ensuite en poudre en atmosphère d'hydrogène, puis fritté en fils, tôles et feuilles.

Le rhénium peut servir par exemple à la confection des pointes de plume de stylo qui sont soumises à une usure intense et doivent rester inoxydées, mais les applications nouvelles envisagées sont surtout celles de contacts électriques.

Colle pour pièces d'optique

Les laboratoires de Kodak-Pathé ont mis au point, pour l'assemblage des éléments de pièces d'optique, une colle thermodurcissable constituée, soit par un mélange de 50 pour 100 de phénylphosphonate diallylique et 50 pour 100 d'un diphényle chloré, plus 3 pour 100 en poids environ de peroxyde de benzoyle ; soit par un mélange de 75 pour 100 de phénylphosphonate diallylique et 25 pour 100 d'un diphényle chloré et d'un catalyseur. Cette colle, dont l'indice est de 1,6 environ, présente les propriétés suivantes : limpidité, grandes adhésion et durabilité, faible retrait, insensibilité aux variations de température entre — 65 et + 82° C, résistance à l'humidité (maintien à 55° C pendant deux semaines à un degré hygrométrique de 95 pour 100). L'assemblage final des éléments est réalisé par polymérisation de la colle par un chauffage durant 1 h 30 à 3 h vers 70° C, puis durant 40 h entre 70° et 95° C.

Radioscopie des avions

Selon les *Nouvelles de Hollande*, l'aéroport de Schiphol dispose d'un appareil de radioscopie qui permet de voir ce qui se passe à l'intérieur des avions, ce qui économise beaucoup de temps lors des visites périodiques. On peut ainsi déceler immédiatement la moindre anomalie sans qu'il soit besoin de procéder, comme c'était souvent le cas, à un démontage compliqué et coûteux. Désormais, grâce aux rayons X, on pourra également effectuer des contrôles rapides et minutieux dans la cabine des avions, où le revêtement intérieur causait parfois des difficultés.

L'eau et le déboisement

Un correspondant de l'Union internationale pour la protection de la Nature signale le fait suivant. Il y a dix ans encore, lorsqu'il pleuvait avec abondance dans l'Esterel et les Alpilles provençales (midi de la France), l'eau mettait environ trois à quatre jours pour atteindre la côte. Aujourd'hui, depuis l'aggravation des déboisements et des incendies — une centaine de milliers de pins ont disparu pendant cette période — les habitants de Saint-Raphaël voient arriver des flots d'eau boueuse trois heures déjà après la tombée de la pluie.

Le problème du mode d'action des glucides sur l'ossification

M. Paul Fournier, sous-directeur de laboratoire au C.N.R.S., a déjà exposé pour nos lecteurs (Vues nouvelles sur l'ossification et la physiologie des glucides, La Nature, *février 1955, p. 56) comment il a été conduit à distinguer deux catégories de glucides, les glucides énergétiques et les glucides de structure, ces derniers favorisant à un bien plus haut degré la formation de l'os. Des expériences nouvelles ont permis d'étendre cette propriété à un constituant du jaune d'œuf, la choline, et à entrevoir que ces corps agiraient comme précurseurs d'un constituant de l'osséine, le glycocolle. Un nouveau pas semble donc fait vers la compréhension d'un important processus physiologique.*

★

Dans un précédent article, j'ai retracé le cheminement des hypothèses et des expériences qui m'ont conduit à révéler les propriétés remarquables du lactose ou sucre de lait à l'égard du squelette. Un régime alimentaire, convenablement composé et équilibré, régime dont la seule source glucidique est l'amidon, est incapable de préserver l'intégrité des os de la Ratte allaitante. Si, dans ce même régime, on remplace une petite fraction de l'amidon — 12 pour 100 — par une proportion équivalente de lactose, la lactation ne cause plus aucune altération du squelette de la mère. Chez le jeune rat, l'influence favorable de l'ingestion de lactose sur l'édification du squelette se traduit par un accroissement considérable de l'absorption intestinale de calcium.

Ces acquisitions découlent de conceptions nouvelles sur la physiologie de l'os, conceptions selon lesquelles l'ossification dépend avant tout de la formation de l'osséine, la matière protéique de l'os, la minéralisation étant subordonnée à cette synthèse protéique.

L'intervention du lactose est certainement métabolique [1], c'est-à-dire que, au cours de l'utilisation de ce glucide par l'organisme, des composés prennent naissance qui jouent un rôle essentiel dans la formation du tissu osseux. Mais quels sont ces composés ou, ce qui revient au même, comment peut-on comprendre le mécanisme par lequel le lactose intervient dans les processus d'ossification ?

Accroissement du nombre des glucides de structure. — L'étude systématique, chez le jeune rat, de l'influence des glucides les plus variés sur la formation de son squelette devait fournir des constatations utiles et inattendues. Le remarquable pouvoir ostéogène du lactose, loin d'être une exclusivité de ce glucide, est partagé par un nombre grandissant de composés.

Parmi tous les glucides actifs à l'égard de l'ossification, les premiers essayés — galactose, xylose, arabinose — sont des constituants des membranes végétales. Pour cette raison, je les ai appelés glucides de structure. Ce groupe comprend actuellement : des glucides en C_5 ou pentoses : les *d*- et *l*-xyloses, les *d*- et *l*-arabinoses, le *d*-lyxose; des hexoses : le galactose et le mannose ; des diholosides, sucres en C_{12} formés par l'union de deux hexoses : le lactose et le mélibiose; un triholoside : le raffinose. Face à ce groupe important de composés actifs, l'expérience rejetait dans un second groupe des glucides médiocrement efficaces sur la formation du squelette, glucides énergétiques par excellence. Ce sont : le glucose, le fructose, le saccharose, le maltose et l'amidon, c'est-à-dire tous les composés qui, pendant plus d'un siècle, ont capté l'attention des chercheurs et qui, de ce fait, sont physiologiquement assez bien connus.

Action ostéogène de certains dérivés des glucides. — A l'état naturel, on rencontre certains alcools très proches chimiquement des glucides. Ils n'en diffèrent que par la substitution d'une fonction alcool primaire à la fonction aldéhyde caractéristique du glucide (fig. 1).

```
   COH            CH2OH            COOH
 H-C-OH          H-C-OH          H-C-OH
HO-C-H          HO-C-H          HO-C-H
 H-C-OH          H-C-OH          H-C-OH
 H-C-OH          H-C-OH          H-C-OH
   CH2OH           CH2OH           CH2OH
 glucose         sorbitol      acide gluconique
```

Fig. 1. — *Le glucose et les dérivés alcool et acide de sa fonction aldéhyde.*

Dans une première expérience examinons l'effet de l'administration de sorbitol, de mannitol et de dulcitol, alcools qui correspondent respectivement au glucose, au mannose et au galactose. Introduits à raison de 6 pour 100 dans le régime de jeunes rats, ces trois alcools manifestent aussitôt leur puissante activité ostéogène en doublant le coefficient d'utilisation du calcium de la ration (tableau I).

Tableau I

Influence du sorbitol, du mannitol et du dulcitol sur l'utilisation du calcium

(D'après P. Fournier, H. Susbielle et Y. Dupuis, *J. de Physiologie*, 1955, **47**, n° 4, sous presse).

Par rapport aux rats dont le régime contient de l'amidon comme seule source glucidique (lot I), l'administration d'un même régime où sont incorporés 6 pour 100 de sorbitol, de mannitol ou de dulcitol (lots II, III et IV) double sensiblement le coefficient d'utilisation, par l'animal, du calcium de sa ration.

Lot	Régime	Ca en mg par jour: a) ingéré	Ca en mg par jour: b) retenu	Coefficient d'utilisation $\left(\frac{b}{a} \times 100\right)$
I	Témoin (amidon)	48,2	8,7	18
II	Sorbitol 6 pour 100	46,2	15,7	34
III	Mannitol 6 pour 100	43,2	15,5	35
IV	Dulcitol 6 pour 100	48,3	16,1	33,3

Ces résultats montrent que les hexalcools apparentés aux glucides jouissent aussi de propriétés structurales. Ces faits étaient prévisibles en ce qui concerne le dulcitol et le mannitol dont les glucides correspondants, le galactose et le mannose, se classent parmi les glucides de structure. Mais il y a lieu de remarquer que le sorbitol manifeste la même activité que les autres hexalcools et qu'il possède ainsi un pouvoir ostéogène beaucoup plus élevé que celui du glucose, ose auquel il est pourtant, par sa constitution, étroitement apparenté.

On peut faire subir à la molécule de glucose d'autres trans-

1. P. Fournier, *C. R. Acad. Sc.*, 1955, **240**, 115.

formations. Par oxydation de la fonction aldéhyde, on obtient une fonction acide. Le corps qui prend ainsi naissance est l'acide gluconique (fig. 1).

L'essai du pouvoir ostéogène de l'acide gluconique présente un intérêt spécial du fait de l'usage très répandu du gluconate de calcium comme agent de « reminéralisation », de « recalcification ». Cet essai s'est aussi révélé positif puisque dans une autre expérience où de l'acide gluconique était incorporé à raison de 5 pour 100 au régime des animaux, l'utilisation du calcium de leur ration se trouvait, du fait de cette addition, très fortement améliorée. Ce résultat n'apprend rien que l'on ne sache déjà, sinon que c'est à l'action ostéogène de la partie gluconique de sa molécule plutôt qu'au pouvoir « reminéralisant » de sa fraction calcique qu'il faut rapporter l'effet connu du gluconate de calcium sur l'ossification.

Hypothèse relative au mode d'action des glucides de structure. — Cette suite d'expériences mettait en possession d'un grand nombre de composés actifs à l'égard de l'ossification. Comment expliquer leur activité commune ? C'est par le concours de deux ordres de considérations, les unes tenant à la configuration des composés à activités structurales, les autres se rapportant à la composition de l'osséine, que j'ai cru pouvoir formuler une hypothèse relative au mode d'action des glucides de structure sur l'ossification.

Lorsque, comme c'est présentement le cas, plusieurs composés possèdent une action commune, une sorte de réflexe veut que l'on en écrive les formules développées afin de pouvoir les comparer. Si nous bornons cet exercice à la contemplation des formules des cinq pentoses qui se sont révélés actifs à l'égard de l'ossification, il est aisé de constater, de quelque manière que l'on s'y prenne pour les faire coïncider, que l'on ne peut leur trouver aucun apparentement d'aspect. Rien dans la configuration de ces pentoses ne permet d'imaginer une communauté d'action (fig. 2).

COH	COH	COH	COH	COH
H—C—OH	HO—C—H	H—C—OH	HO—O—H	HO—C—H
HO—C—H	H—C—OH	HO—C—H	H—C—OH	HO—C—H
HO—C—H	H—C—OH	H—C—OH	HO—C—H	H—C—OH
CH_2OH	CH_2OH	CH_2	CH_2OH	CH_2OH
l. arabinose	d. arabinose	d. xylose	l. xylose	d. lyxose

Fig. 2. — Cinq pentoses possédant un fort pouvoir ostéogène.

Signalons une erreur qui s'est glissée dans la figure 9 de l'article précédent (février 1955, p. 69) où un hydrogène en trop a été représenté dans chaque glucide. On rectifiera facilement d'après les formules données ici.

Malgré leur résultat négatif, ces observations n'étaient pas inutiles puisqu'elles conduisaient aux trois considérations suivantes [1] :

1° L'extrême diversité de configuration des glucides de structure et de leurs dérivés laisse supposer que le mécanisme essentiel de leur action dans l'ossification est simple. Sinon, il faudrait imaginer, selon les cas, des transpositions, des inversions de radicaux, différentes et compliquées.

2° Le premier temps dans l'utilisation du glucose, glucide en C_6, consiste dans la formation de deux composés en C_3 ou trioses. Les glucides de structure n'empruntent certainement pas cette voie métabolique qui est celle de l'énergie. Aussi est-il permis de supposer que les glucides de structure libèrent un même maillon à deux atomes de carbone. Pour les pentoses, un tel mode d'utilisation semble presque obligatoire et tous les pentoses essayés jusqu'ici possèdent un fort pouvoir ostéogène.

3° Dans les deux cas, arabinose et xylose, où l'essai des deux inverses optiques, les isomères *d-* et *l-* du même glucide a été fait, une activité remarquable sur l'ossification s'est manifestée pour les deux isomères. Ainsi, les propriétés optiques des glucides, fondamentales en tant d'autres occasions, semblent perdre toute importance au cours de leur action ostéogène.

Le rapprochement de ces considérations et de ma conception initiale de la physiologie osseuse selon laquelle l'ossification dépend de la synthèse de l'osséine permet d'avancer une hypothèse. Ce serait en qualité de précurseurs du glycocolle que les glucides de structure interviendraient dans l'ossification.

Le glycocolle a pour formule $H_2C - COOH$ (avec NH_2 porté par le carbone H_2C). Ce composé répond bien aux conditions posées précédemment. C'est un acide aminé, c'est-à-dire un constituant des matières protéiques. C'est l'acide aminé le plus simple, si simple que l'on peut imaginer qu'il se forme à partir d'un grand nombre de composés organiques. C'est le seul acide aminé qui corresponde à un maillon métabolique à deux atomes de carbone, le seul aussi qui soit dépourvu de propriétés optiques.

Un fait, connu depuis longtemps, offre un appui solide à cette hypothèse selon laquelle les glucides de structure et leurs dérivés alcooliques ou acides agissent en faveur de la croissance osseuse parce qu'ils fournissent du glycocolle. Ce fait résulte de la composition de l'osséine. Alors que la plupart des autres protides d'origine animale — musculaires, sériques, lactiques, — ne renferment qu'une petite proportion de glycocolle, de l'ordre de 1 pour 100, l'osséine est formée, pour 25 pour 100, de glycocolle. On conçoit, dans ces conditions, qu'un défaut dans la vitesse de synthèse du glycocolle puisse freiner l'ossification et que, au contraire, tout élément capable d'améliorer le rendement de cette synthèse jouisse de propriétés ostéogènes spéciales.

J'ai montré que la physiologie du lactose est, chez les Mammifères, intimement liée à la physiologie osseuse : le lactose favorise l'ossification chez l'animal en croissance mais, réciproquement, les os des femelles allaitantes se résorbent quand, du fait de l'allaitement, l'organisme maternel produit du lactose. L'existence d'actions métaboliques réversibles entre le glycocolle de l'os et le lactose du lait donnerait de ces faits une explication satisfaisante.

Le pouvoir ostéogène de l'acide glycolique. — La question des origines du glycocolle a fait l'objet, dans le passé, de très nombreux travaux. L'intérêt de ces recherches s'est trouvé très renforcé lorsque l'usage des isotopes radioactifs eut permis de constater que le glycocolle, véritable plaque-tournante métabolique, participe à l'élaboration de nombreuses molécules fondamentales pour le fonctionnement de l'organisme, comme, par exemple, l'hémoglobine.

Pour prouver directement que les glucides de structure sont effectivement des précurseurs du glycocolle, il faudrait disposer par exemple de lactose dont certains carbones seraient radioactifs, administrer de tels composés à l'animal, montrer que dans ces conditions l'organisme produit un glycocolle dont les carbones sont particulièrement radio-actifs. L'expérience est coûteuse, difficile ; les résultats en sont souvent d'interprétation délicate.

Plus directe encore semblerait une preuve expérimentale fondée sur le fait que si les glucides de structure sont des précurseurs du glycocolle, l'administration de ce glycocolle devrait avoir, sur l'ossification, le même effet favorable que les glucides de structure. Un tel raisonnement ne tient pas compte du jeu presque toujours déroutant du fonctionnement des organismes. Le glycocolle ingéré semble avoir peu d'aptitude à fournir le glycocolle à partir duquel l'organisme s'édifie et s'entretient. C'est le type de l'acide aminé glycogénoforma-

1 P. Fournier, *C. R. Acad. Sc.*, 1955, **240**, 1364.

teur, c'est-à-dire que le foie peut transformer en glycogène, à des fins énergétiques, le glycocolle apporté par l'alimentation. Par contre l'organisme possède la faculté de synthétiser d'importantes quantités de glycocolle comme le montre bien ces observations, déjà anciennes, de Magnus-Lévy. Les protides du lait renferment de très faibles proportions de glycocolle, de l'ordre de 0,2 pour 100. Il n'empêche qu'à partir de 100 g de protides du lait de sa mère, le jeune Mammifère édifie un poids de tissu correspondant à la formation de 78 g de protides, lesquels renferment 2,5 g de glycocolle. C'est donc bien que le glycocolle a été presque complètement synthétisé par le jeune puisque sa nourriture ne lui en fournit pratiquement pas. L'expérience devait d'ailleurs vérifier que l'administration de glycocolle au Rat n'améliore pas ses facultés d'ossification (tableau III).

Une autre façon de montrer que les glucides de structure interviennent favorablement dans l'ossification en qualité de précurseurs du glycocolle consisterait à comparer les effets, sur la croissance osseuse, d'un glucide de structure à ceux d'un précurseur connu du glycocolle. Cette voie d'accès, indirecte certes, a le mérite d'être déjà défrichée depuis quelque temps.

Par l'emploi des isotopes radioactifs, Greenberg et ses collaborateurs ont confirmé, en 1953, que les organismes font du glycocolle à partir d'un acide organique, l'acide glycolique, dont la formule $CH_2OH - COOH$ est très simple et proche de celle du glycocolle [1].

La comparaison de l'activité ostéogène de cet acide et de celle du lactose s'est révélée extrêmement féconde. Introduit à raison de 1,5 pour 100 du régime des animaux, proportion très modeste, l'acide glycolique présente exactement les mêmes effets ostéogènes qu'environ 6 fois plus de lactose. Le taux d'acide glycolique a été choisi conformément à mon hypothèse selon laquelle les glucides de structure interviennent dans le métabolisme osseux par l'intermédiaire d'une molécule dicarbonée. Ainsi le régime renfermant 1,5 pour 100 d'acide glycolique, composé en C_2 devait avoir sensiblement le même effet physiologique que celui qui contenait 10 pour 100 de lactose, molécule en C_{12}. L'expérience montre que, dans ces conditions, l'acide glycolique et le lactose améliorent dans une même mesure l'utilisation calcique (tableau II).

TABLEAU II

EFFETS COMPARÉS DE L'ACIDE GLYCOLIQUE ET DU LACTOSE SUR L'UTILISATION DU CALCIUM

(D'après P. FOURNIER, *C. R. Acad. Sc.*, 1955, **240**, 2555).

L'introduction, dans le régime des Rats, de 10 pour 100 de lactose ou de 1,5 pour 100 d'acide glycolique améliore fortement, et dans une même mesure, le coefficient d'utilisation du calcium. Ce phénomène traduit l'identité d'action, à l'égard de l'ossification, d'un glucide de structure et de l'acide glycolique, précurseur connu du glycocolle.

Lot	Régime	Ca en mg par jour		Coefficient d'utilisation $\left(\frac{b}{a} \times 100\right)$
		a) ingéré	*b)* retenu	
I. . . .	Témoin (amidon)	41	10,8	26
II. . . .	Lactose 10 pour 100	38	17,2	45
III . . .	Acide glycolique 1,5 pour 100	39,1	17,3	44

Du résultat précédent découlent diverses conséquences importantes :

1° L'identité d'action de l'acide glycolique et du lactose ne prouve pas absolument, mais rend extrêmement plausible la thèse selon laquelle les glucides de structure sont des précurseurs du glycocolle, facilitant ainsi l'édification du squelette.

1. FU-CHAN CHAO, C. C. DELWICHE et D. GREENBERG, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1953, **10**, 103.

2° Les origines du glycocolle se trouvent précisées. Le fait d'avoir montré que l'acide glycolique est un précurseur du glycocolle ne modifiait pas beaucoup le problème des origines plus lointaines de cet acide aminé, tant qu'il n'était pas possible de dire d'où vient l'acide glycolique.

Les résultats d'une longue suite d'expériences permettent de penser que l'acide glycolique est vraisemblablement le petit dividende commun à deux atomes de carbone qui, libéré à partir de tous les glucides de structure, rend compte de leur puissant effet ostéogène. Il semble probable que l'acide glycolique prend aussi naissance à partir des glucides énergétiques, mais en beaucoup plus faible proportion dans ce cas qu'au cours de l'utilisation des glucides de structure [1].

3° La découverte du pouvoir ostéogène de l'acide glycolique lui confère d'un coup un grand intérêt physiologique. De ce composé, on savait seulement qu'il est présent dans les tissus, les organes, les excreta et qu'il est possible d'imaginer sa formation à partir des pentoses. Mais aussi, les remarquables travaux de Calvin ont révélé que l'acide glycolique est, avec le glycocolle, le composé le plus simple qui prenne naissance dans les premiers instants de la photosynthèse [2]. La présence de ce composé, inattendue en cette circonstance, n'a pu s'expliquer à partir des faits connus relatifs à la synthèse des glucides énergétiques. Serait-il le premier terme d'une série de composés plastiques ?

Données nouvelles sur l'action de la choline. — Tandis que progressaient ces recherches de physiologie osseuse de façon presque rectiligne, d'autres acquisitions se faisaient par des voies moins orthodoxes.

Le lait est, pendant des semaines ou des mois selon les espèces, la nourriture exclusive du petit Mammifère. Et dans ce lait, il existe un principe, le lactose, qui aide grandement à la formation de son squelette. Un jeune Oiseau ne reçoit pas de lait, et c'est l'œuf qui, pendant quelques semaines, subvient, à lui seul, à tous ses besoins nutritifs. Il doit donc se trouver dans l'œuf un équivalent physiologique du lactose, c'est-à-dire un corps doué de puissantes qualités ostéogènes.

Un œuf, c'est une coquille, du blanc et du jaune. Ayant constaté que l'ossification n'est que secondairement une affaire d'apport calcique ou protidique, ne retenons que le jaune.

Le jaune d'œuf est essentiellement formé de protides et de lipides ou graisses. Une graisse très particulière, la lécithine, existe dans le jaune d'œuf à un taux beaucoup plus élevé que dans toute autre production animale.

On sait depuis Chevreul que les lipides habituels, ceux qui constituent les graisses alimentaires, sont des glycérides, c'est-

1. P. FOURNIER, *C. R. Acad. Sc.*, 1955, **240**, 2555.
2. Le mécanisme de la photosynthèse, par A. MOYSE, *La Nature*, novembre 1953, p. 337.

$CH_2-OOC-(CH_2)_n-CH_3$
$CH-OOC-(CH_2)_n-CH_3$
$CH_2-OOC-(CH_2)_n-CH_3$

glycéride ordinaire

$CH_2-OOC-(CH_2)_n-CH_3$
$CH-OOC-(CH_2)_n-CH_3$
$CH_2-PO_4H-CH_2-N(OH)(CH_3)_3$

lécithine

choline $(CH_3)_3N(OH)-CH_2-CH_2OH$

Fig. 3. — *Comparaison d'un glycéride ordinaire, de la lécithine et de la choline.*

à-dire des esters du glycérol et d'acides organiques appartenant à la série des acides gras (fig. 3).

Dans la lécithine, l'une des fonctions alcools du glycérol est, de curieuse façon, estérifiée par de l'acide phosphorique, lequel s'unit aussi à une molécule complexe : la choline. S'il est dans l'œuf un principe spécialement ostéogène, c'est bien la choline qui doit être soupçonnée, pour la forte concentration à laquelle elle s'y trouve, et aussi pour cette allure étrange qui n'est pas sans quelque analogie avec l'aspect du glycocolle (fig. 3).

L'introduction, dans le régime de jeunes rats, de 2 pour 100 de choline provoque aussitôt l'exaltation des échanges calciques, manifestation d'un puissant effet ostéogène. L'action de la choline est en tout semblable à celle que l'on observe lorsqu'un glucide de structure, le lactose par exemple, est, à un taux plus élevé, administré aux animaux (tableau III).

TABLEAU III

INFLUENCE DE LA CHOLINE SUR LES ÉCHANGES CALCIQUES

(D'après P. FOURNIER, *C. R. Acad. Sc.*, 1955, **241**, sous presse).

L'incorporation d'une petite proportion de choline (lot IV) a, sur les échanges calciques, le même effet exaltant que l'administration de lactose (lot II), effet qui traduit leur puissance ostéogène. Les rats dont le régime contient ces substances fixent presque deux fois plus de calcium que les animaux recevant le régime témoin seul ou additionné de glycocolle (lots I et III).

Lot	Régime	Ca en mg par jour				Coefficient d'utilisation
		ingéré	absorbé	urinaire	fixé	
I . .	Témoin (amidon)	44	9,5	0,2	9,3	21 pour 100
II . .	Lactose 12 pour 100	43	16,6	0,7	15,9	37 pour 100
III . .	Glycocolle 2 pour 100	42	8,4	0,25	8,15	19 pour 100
IV . .	Choline 2 pour 100	45	18	0,5	17,5	39 pour 100

La choline est-elle aussi l'un des précurseurs du glycocolle ? De nouvelles recherches sont entreprises qui diront peut-être quels sont les rapports physiologiques exacts entre le lactose et la choline, entre la choline et le glycocolle.

On n'a pas attendu la découverte de l'action ostéogène de la choline pour trouver à ce corps un grand intérêt biologique. L'un de ses dérivés, l'acétylcholine, joue un rôle essentiel dans la transmission de l'influx nerveux. Par ailleurs, la signification physiologique de l'éventail méthylé $\left\langle \begin{array}{l} CH_3 \\ CH_3 \\ CH_3 \end{array} \right.$ qui caractérise la molécule de choline a fait l'objet, au moyen des isotopes radioactifs, de très beaux travaux qui ont montré que ce corps est un précieux réservoir de radicaux méthyles, qu'il sert au transport et à la livraison de ces radicaux, jouant ainsi un rôle important dans la biosynthèse de divers composés. Pour d'autres auteurs, la choline est l'une des vitamines du groupe B et, à ce titre, elle participerait à l'utilisation des substances énergétiques. Un tel rôle apparaît aujourd'hui bien étroit.

Du point de vue de l'effet général de la choline, c'est certainement l'action qu'elle possède sur la formation et la répartition des graisses du corps qui doit surtout retenir l'attention. Lorsque des animaux reçoivent pendant quelque temps des régimes de composition assez particulière, ils présentent une infiltration graisseuse de leur foie. On obtient ainsi le foie gras, bien connu des gastronomes. Les moyens qui permettent d'obtenir un foie gras reposent sur l'emploi de l'une ou l'autre des techniques suivantes : régime très amylacé (le gavage des oies par le maïs en est le meilleur exemple), rations peu protidiques, usage répété et abondant d'alcool, de certains toxiques minéraux comme des dérivés de l'arsenic, surcharge alimentaire de cholestérol. L'adjonction d'une petite proportion de choline, de l'ordre de 1 pour 100, au régime des animaux prévient l'apparition de foies gras. Cet effet remarquable, aujourd'hui classique, est connu sous le nom d'*action lipotrope* de la choline.

Communauté d'action de la choline et du lactose.

— L'identité de l'action du lactose et de la choline à l'égard de l'ossification n'est-elle pas l'indice d'une communauté fonctionnelle plus étendue ? Diverses observations fortuites, faites au cours d'expériences antérieures, permettaient de soupçonner que, comme la choline, le lactose possède une certaine activité lipotrope.

Dès la mise bas, des rattes sont réparties en deux lots distincts par la composition de la ration qui leur est offerte. Les unes reçoivent un régime bien équilibré dont l'unique source glucidique est l'amidon. Le régime des animaux du deuxième lot ne diffère du précédent que par la substitution de 12 pour 100 de lactose à une proportion équivalente d'amidon.

Après que, pendant vingt jours, ces femelles eurent allaité leurs petits, elles furent sacrifiées afin que l'effet de la lactation sur l'état de leur squelette puisse être minutieusement examiné. Ce sont ces expériences qui ont révélé le puissant effet protecteur du lactose pour le squelette de la Ratte allaitante.

Un autre résultat, tout à fait inattendu, ressortait de la simple observation des animaux. Dès le premier coup de scalpel, il était possible de dire quel type d'alimentation les rattes avaient reçu. Les unes, dont l'amidon était la seule source glucidique, présentaient sous la peau une épaisse couche graisseuse qui leur conférait l'aspect extérieur d'une haute prospérité physiologique. Cependant, leur squelette était ruiné. Les autres dont le régime contenait du lactose, se caractérisaient par la minceur et parfois par l'absence de la couche adipeuse souscutanée. De ce fait, ces rattes au lactose paraissaient moins florissantes. Mais leurs os étaient en parfaite condition.

Ces faits indiquaient que la différence d'efficacité physiologique entre les glucides énergétiques et les glucides de structure n'est pas limitée aux phénomènes d'ossification. Mais tout à l'étude des répercussions de l'alimentation sur le squelette, et surpris par ces manifestations lipidiques hors programme, je n'avais pas le temps de faire doser les graisses dans le corps des animaux. L'avancement des recherches aidant, je ne me préoccupai plus de ces observations jusqu'au moment où la mise en évidence du remarquable effet ostéogène de la choline leur apporta un regain d'importance.

L'étude bibliographique de cette question des rapports entre l'administration de lactose et le dépôt de graisses dans l'organisme montre que cette observation faite sur les rattes allaitantes avait été relevée en d'autres occasions. Depuis longtemps, les pédiatres ont remarqué que les bébés élevés au sein sont, en général, plus fermes, moins gras, que ceux qui sont nourris au lait de vache. Dès 1930, un médecin américain, Jarvis, préconisait de sucrer le lait de vache avec du lactose et non, comme on le fait habituellement, avec du saccharose. Il remarquait que l'usage d'un tel lait ne conduit presque jamais à une accumulation de graisse chez le nourrisson. D'autres chercheurs ont révélé que le corps, et particulièrement le foie, des rats qui ont reçu du lactose renferment moins de lipides que ceux des animaux dont le régime ne contient pas ce glucide. Il s'agit bien là d'une activité lipotrope.

Ainsi deux substances présentes en abondance dans les deux aliments qui tiennent le rôle essentiel dans le développement des Vertébrés, l'une le lactose du lait, l'autre la choline de l'œuf, jouissent de remarquables propriétés ostéogènes et lipotropes communes. Pour l'instant les raisons de cette communauté d'action ne sont pas connues.

Conclusions. — L'étude, chez le Rat, de l'action sur l'utilisation du calcium de divers glucides et de certains de leurs dérivés alcooliques ou acides conduit à supposer que c'est en qualité de précurseurs du glycocolle que tous ces composés interviennent favorablement dans les processus d'ossification. Cette hypothèse, qui trouve un appui dans le fait que l'osséine renferme de fortes proportions de glycocolle, reçoit un début de preuve expérimentale puisqu'il est montré que l'acide glycolique, précurseur connu du glycocolle, possède le même pouvoir ostéogène que le lactose pris comme type des glucides de structure.

Un raisonnement fondé sur les rôles respectifs que tiennent le lait et l'œuf dans le développement des Vertébrés laisse apparaître que la choline peut posséder un pouvoir ostéogène semblable à celui du lactose, pouvoir que l'expérience a confirmé. La communauté physiologique du lactose et de la choline n'est pas limitée au domaine de l'ossification puisque le lactose possède aussi certaines propriétés lipotropes caractéristiques de l'action de la choline.

Certes, on peut espérer que de tout accroissement de nos connaissances pourront résulter des applications diététiques et médicales, mais il convient de noter que certains glucides de structure ont révélé des activités toxiques. On sait que l'usage intempestif ou immodéré d'un autre puissant facteur ostéogène, la vitamine D, a produit parfois des désordres graves [1]. Les recherches doivent donc être étendues et approfondies avant que l'un ou l'autre de ces composés ostéogènes et lipotropes puisse être employé sans risque à des fins thérapeutiques ou diététiques.

Paul Fournier,
Maître de conférences à l'École des Hautes Études,
Sous-directeur de laboratoire au C. N. R. S.

1. La vitamine D antirachitique, *La Nature*, octobre 1954, p. 390.

Des insectes aimés des collectionneurs : Les Lucanides

Le Cerf-volant, le *stag-beetle* des Anglais, le *Lucanus cervus* L. des entomologistes, un des insectes les plus grands, les plus communs, les plus spectaculaires et partant les plus populaires de la faune d'Europe, est le représentant dans nos régions, avec une demi-douzaine d'autres espèces moins pittoresques ou moins communes, d'une importante famille de Coléoptères répandue dans le monde entier, la famille des Lucanides. Comme notre cerf-volant les autres Lucanides sont en général de grande taille, possèdent une grosse tête et des mandibules saillantes ordinairement plus développées chez les mâles. Les variations de taille, de forme et de pigmentation ainsi que le dimorphisme sexuel sont extrêmement accentués. Tous ces caractères en font des objets de choix pour les collectionneurs, grâce à qui le nombre des espèces décrites est passé de 750 à 1 100 depuis 1910. Les Lucanides sont particulièrement nombreux dans les régions tropicales.

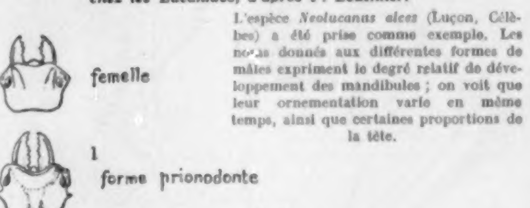
Un entomologiste doué d'un grand talent de dessinateur, le regretté Louis-Marie Planet, séduit par les Lucanides, en a réalisé des planches aussi exactes que magnifiques qui représentent de nombreuses espèces du monde entier. Ces planches viennent d'être publiées par deux éminents naturalistes de notre Muséum national d'Histoire naturelle, le docteur R. Didier et M. E. Séguy, qui y ont ajouté un catalogue complet des espèces décrites jusqu'à ce jour [1]. A lire l'introduction de ce catalogue on saisit toute la distance qu'il y a entre la notion d'espèce telle qu'elle se situe dans l'idéal du biologiste et telle qu'elle apparaît dans les diagnoses des entomologistes.

Décrire une espèce, pour un biologiste, c'est, théoriquement, reconnaître une population d'individus consanguins manifestant d'une façon stable les mêmes caractères dans leur morphologie et dans leur mode de vie. Deux lignées très voisines (espèces ou sous-espèces) ne sont définitivement distinctes que si un obstacle permanent s'oppose à leur croisement : manque d'inter-attraction, stérilité, barrière géographique ou écologique.

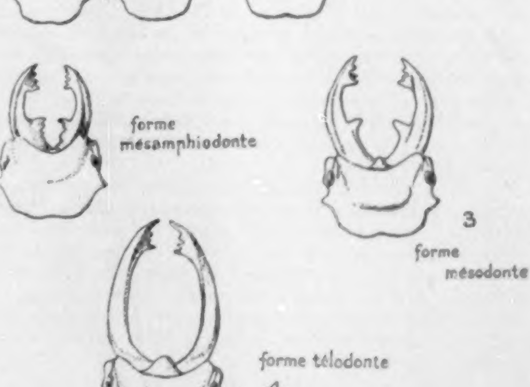
Mais pratiquement, l'entomologiste qui « crée » une espèce se contente de faire sur un ou plusieurs individus une série limitée d'observations qui lui permettent de rédiger une « description » nouvelle. Ainsi les spécialistes des Lucanides fondent leur diagnose sur la morphologie externe, la couleur, la

Fig. 1. — *Schéma des diverses formes de mandibules chez les Lucanides, d'après F. Leuthner.*

L'espèce *Neolucanus alces* (Luçon, Célèbes) a été prise comme exemple. Les noms donnés aux différentes formes de mâles expriment le degré relatif de développement des mandibules ; on voit que leur ornementation varie en même temps, ainsi que certaines proportions de la tête.







1. *Catalogue illustré des Lucanides du Globe*, par le Dr R. Didier, associé du Muséum, et E. Séguy, sous-directeur au Muséum. I. *Atlas*, 112 planches de Louis-Marie Planet, 1952 ; II. *Texte*, 223 p., 136 fig., une planche en couleurs, 1953 ; Paul Lechevalier, Paris. Prix, les 2 vol. : 8 000 F. Les figures que nous publions ont été empruntées à cet ouvrage, avec l'aimable autorisation des auteurs et de l'éditeur.

sculpture tégumentaire, la conformation des pattes, des antennes et des appendices buccaux. La classification ainsi établie est loin de répondre aux critères théoriques que nous avons évoqués et il n'est pas surprenant qu'elle ne satisfasse guère les systématiciens « modernes ». En vérité, le plus surprenant, c'est que dans bien des cas les coupures et les parentés décrétées avec de si faibles moyens se révèlent très vraisemblables. Doit-on évoquer le flair du naturaliste ou, plus précisément, un talent affiné par une longue expérience? Ce don merveilleux a trouvé à s'exercer au hasard de récoltes souvent périlleuses dans des pays lointains et malsains où bien des espèces de Lucanides ont été identifiées d'après un seul exemplaire. Mais les résultats de ces travaux admirables restent pour une grande part incertains, car les individus de cette famille ne présentent pas de caractères morphologiques aussi définis que ceux que l'on peut observer chez les représentants d'autres groupes de Coléoptères.

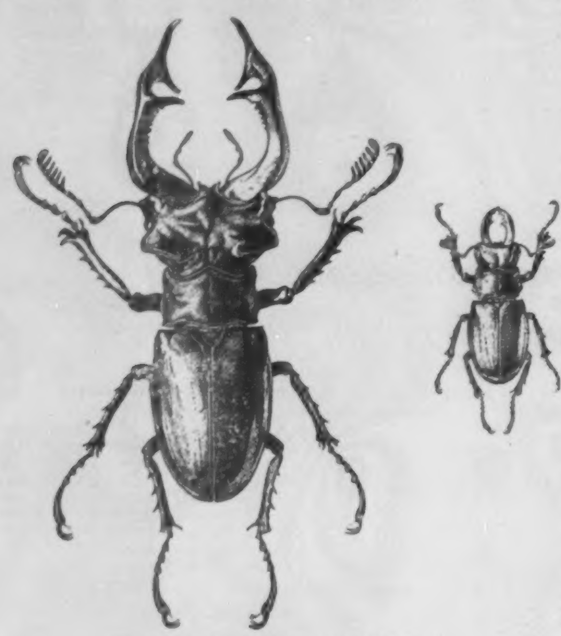


Fig. 2. — *Deux variétés du Cerf-volant.*
A gauche, *Lucanus cervus* var. *Akbesianus* (Syrie), mâle télodonte. A droite, *Lucanus cervus* var. *capreolus* (France au nord de la Loire, Europe occidentale jusqu'en Suède), mâle mésodonte. Environ grandeur naturelle.

Une étude plus approfondie des variations individuelles qui affectent les Lucanides n'aurait pas seulement pour résultat de débrouiller la systématique d'un groupe chéri des collectionneurs, mais aussi de nous faire connaître de façon plus précise les facteurs de ces variations qui, à des degrés divers, se retrouvent dans tous les groupes d'animaux. « Le zoologiste qui voudra étudier les variations qui peuvent se rencontrer dans une espèce donnée, écrivent Didier et Séguy, et qui voudra déterminer les causes des variations qui affectent les individus, devra choisir, comme objet de ses recherches, les insectes de la famille des Lucanides ».

Dans une même espèce on rencontre souvent des variétés morphologiques et chromatiques qui sont héréditaires. Les plus intéressantes de ces variétés sont celles qui sont liées à la répartition géographique; on leur donne alors le nom de races ou de sous-espèces. Enfin dans une même race se manifestent des variations individuelles qui dépendent principalement du sexe et de la taille atteinte par les individus : dimorphisme sexuel, allométrie, etc. Ces variations, qu'il faut apprendre à distinguer des aberrations et des monstruosités que l'on peut rencontrer, sont pour le biologiste une voie d'accès importante à la physiologie de l'insecte. Ce sont ces variations que nous allons plus particulièrement considérer.

Dimorphisme sexuel. — Chez notre Cerf-volant, *Lucanus cervus*, aucun des caractères que l'on utilise ordinairement dans la description des espèces n'est commun aux deux sexes! Ce dimorphisme sexuel maximum est général dans la famille; c'est tellement vrai que lorsqu'on étudie des individus isolés, l'association correcte des deux sexes présente des difficultés exceptionnelles et qu'il existe des espèces, connues depuis longtemps, dont les deux sexes n'ont encore pu être rassemblés.

Les femelles sont peu variables, sauf en ce qui concerne leur taille. Au contraire, deux mâles de la même espèce peuvent différer l'un de l'autre autant que des spécimens de sexes opposés. Les petits mâles ont beaucoup de caractères communs avec les femelles, tandis que les grands en diffèrent considérablement.

Polymorphisme allométrique. — En règle générale le polymorphisme des mâles s'applique à leurs caractères sexuels et dépend de leur taille. Les modifications liées à la taille sont particulièrement apparentes sur la tête et les mandibules. L'accroissement de taille de la tête et des mandibules est plus rapide que celle de la taille totale de l'animal. C'est ce qu'on exprime en disant que la longueur des mandibules et la largeur de la tête sont liées a la longueur totale du corps par une *allométrie majorante*. Les Insectes ne subissant plus aucune modification de taille ni de forme après la métamorphose, l'allométrie concerne un ensemble d'individus comparés entre eux. Chez les animaux à croissance progressive on peut suivre les modifications allométriques d'un même individu.

Les modifications allométriques d'attributs sexuels sont très fréquentes chez les Insectes. On peut les observer aussi chez les Vertébrés : ainsi la ramure des Cerfs augmente plus rapidement à chaque saison que le poids total de l'animal.

Fig. 3. — *Deux Lucanides de France et d'Europe.*
A gauche, *Ceruchus chrysomelinus*. A droite, *Synodendron cylindricum*.
(D'après R. Paulian).





L'allométrie n'est pas la seule conséquence de l'accroissement de taille. On observe aussi des modifications de l'ornementation. Ainsi chez les mâles de petite taille les mandibules sont très rapprochées à leur base, rectilignes quoique finement dentées sur leur bord interne. Avec l'accroissement de la taille les mandibules s'éloignent l'une de l'autre, s'amincissent et se recourbent tandis que les dents mandibulaires s'épaississent mais diminuent en nombre. Ces modifications accompagnent de façon continue dans un sens constant les variations de la taille; elles s'apparentent donc à l'allométrie.

L'allométrie peut toutefois comporter des accidents. Le développement progressif des mandibules montre chez certaines espèces une interruption à partir d'une taille donnée.

Mais le polymorphisme peut se compliquer davantage. Dans certaines espèces, à côté de mâles qui obéissent aux lois usuel-

les de l'allométrie, on en rencontre qui portent des mandibules de taille exceptionnellement grande bien que leur longueur totale soit moyenne. Ces mâles sont de forme pratiquement constante et ne sont pas reliés par des intermédiaires aux mâles des séries allométriques. Il peut donc y avoir deux sortes de mâles. Les mâles non allométriques ont souvent une morphologie tout à fait différente et sont généralement plus rares que les autres.

Orthogenèse et hypertélie. — Les caractères distinctifs des mâles sont assez variables d'une espèce à l'autre, tandis que les femelles se ressemblent davantage. Ainsi la forme des mandibules des femelles, caractère commun à toutes les espèces de la famille, semble être un des témoins de leur origine commune. Les mandibules des mâles, au contraire, sont porteuses d'innovations évolutives soumises à l'allométrie. Or, comme la forme femelle des mandibules, la petite taille semble être un caractère primitif du groupe de ces insectes. Au cours de son épanouissement, ce groupe aurait manifesté une tendance continue à l'augmentation de la taille, comme la paléontologie le révèle dans de nombreux autres groupes au cours de leur diversification. Cette tendance est rangée parmi les exemples d'*orthogenèse*, c'est-à-dire d'évolution constamment réalisée dans une même direction. Bien rares, s'ils existent, sont les biologistes modernes qui pensent qu'une orthogenèse puisse avoir des causes internes, obligeant l'espèce ou le groupe à évoluer continûment dans le même sens, car on ne voit pas, dans l'état actuel de la science, de quelle nature pourraient être ces causes. La plupart attribuent l'évolution à la sélection de mutations favorables à l'espèce et l'orthogenèse ne serait donc que l'effet d'une sélection agissant longtemps dans le même sens; elle pourrait donc s'arrêter ou parfois agir en sens inverse, ce qui explique parfaitement les exceptions.

L'allométrie, qui traduit le fait que le développement relatif de certaines parties dépend du degré général de développement de la taille, reste un problème bien distinct, mais elle joue aussi bien pour les individus à l'intérieur d'une même espèce que, parfois, pour les différentes espèces d'un même groupe. Chez les Lucanides comme chez beaucoup d'autres animaux, l'accroissement de la taille a entraîné, pour les organes intéressés par l'allométrie majorante, un développement exagéré, qualifié d'*hypertélie*. Les organes hypertéliques ont été invoqués contre la théorie de la sélection naturelle, puisque en effet ils apparaissent nuisibles, et tout au moins inutiles. A cette objection, on a répondu, entre autres choses, que, certains caractères évoluant solidairement (dépendant, par exemple, de gènes situés sur le même chromosome), la sélection qui continue à favoriser un caractère utile peut, par là-même et en même temps, en favoriser un autre qui ne l'est pas. Cette hypothèse de gènes solidaires n'est même pas nécessaire dans tous les cas d'allométrie majorante. Il suffit dans ce cas que l'augmentation de la taille dans son ensemble soit plus avantageuse que n'est gênante l'hypertélie d'organe qui l'accompagne. Il est vrai que la taille elle-même peut être « hypertélique », aller au delà des proportions « raisonnables », et le phénomène a été invoqué pour expliquer la disparition de certains groupes, par exemple les grands reptiles de l'ère secondaire. Mais l'appréciation de ce qui est utile ou nuisible est souvent délicate et ce qui est utile en certaines conditions de milieu peut devenir nuisible en d'autres.

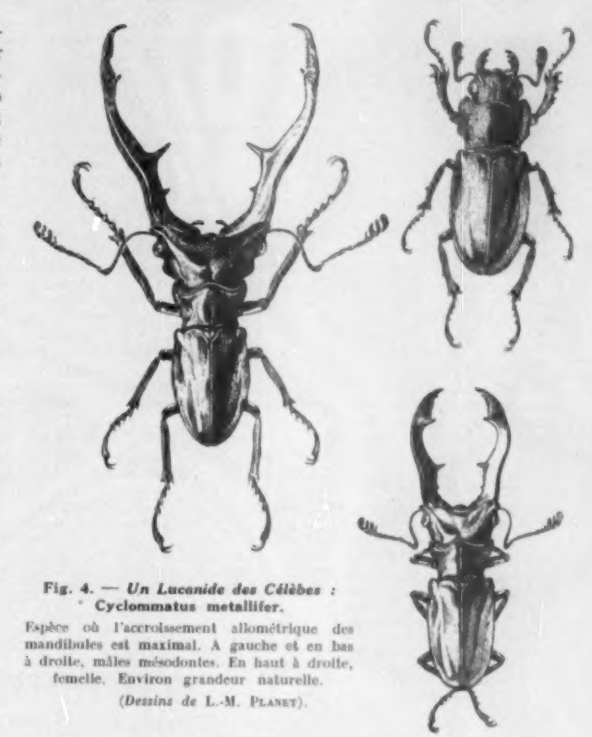


Fig. 4. — *Un Lucanide des Célèbes :* Cyclommatus metallifer.

Espèce où l'accroissement allométrique des mandibules est maximal. A gauche et en bas à droite, mâles mésodontes. En haut à droite, femelle. Environ grandeur naturelle.

(*Dessins de* L.-M. PLANET).

*
* *

L'étude des Lucanides soulève, on le voit, plusieurs problèmes biologiques classiques. Gros arthropodes faciles à collectionner, ils se prêtent bien aux enquêtes biométriques, qu'on a déjà tentées sur eux. Pour en faire des sujets normaux d'étude biologique, il resterait à connaître mieux leur éthologie et à entreprendre leur élevage.

C. F.

Pour faire hiverner les tortues

Un lecteur de *La Nature* ayant demandé comment on devait faire hiverner une tortue terrestre, je consigne ici des prescriptions qu'une longue expérience m'a enseignées. Quelques-unes de mes pensionnaires (de terre et d'eau) dépassent la 30e année de captivité.

En aucun cas d'abord, sous la latitude de Paris, il ne faut laisser une tortue passer l'hiver dans le jardin. Qu'elle soit mauritanique, comme c'est probable si elle a été achetée à Paris, ou grecque si elle a été capturée dans le Midi, elle ne saurait s'enfoncer assez dans le sol pour se garantir des intempéries. Le seul endroit convenable est un sous-sol, à la condition qu'il ne soit pas chauffé.

On peut laisser les tortues libres dans la cave, mais le mieux est de les placer dans une caisse pas trop profonde dont le fond est garni de sable ou de terre meuble, recouverte d'une couche de mousses des bois (*Hypnum* par exemple) de même épaisseur. Dans un angle de la caisse on disposera un récipient peu profond avec de l'eau pour maintenir une humidité suffisante ; j'utilise avec succès une cuvette 13 × 18 servant au développement des plaques photographiques. Naturellement on devra veiller au renouvellement de l'eau si besoin est.

Les tortues terrestres ont l'hiver les yeux gonflés et les paupières closes par une humeur ; il ne faut surtout pas chercher à les décoller car c'est là une défense naturelle contre le dessèchement de la cornée.

G. BILLIARD.

LE CIEL EN NOVEMBRE 1955

SOLEIL : du 1er au 30 sa déclinaison décroît de $-14°16'$ à $-21°34'$; la durée du jour passe de 9^h52^m le 1er, à 8^h34^m le 30 : diamètre apparent le 1er = 32′17″,1, le 30 = 32′29″,4. — **LUNE :** Phases : D. Q. le 6 à 21^h56^m, N. L. le 14 à 12^h1^m, P. Q. le 22 à 17^h29^m, P. L. le 29 à 16^h50^m ; *périgée* le 2 à 3^h, diamètre app. 33′2″ ; *apogée* le 17 à 23^h, diamètre app. 29′26″ ; *périgée* le 30 à 11^h, diamètre app. 33′22″. Principales conjonctions : avec **Uranus** le 6 à 4^h, à 4°24′ S. ; avec **Jupiter** le 8 à 4^h47^m, à 6°11″ S. ; avec **Mars** le 12 à 1^h12^m, à 5°42′ S. ; avec **Neptune** le 12 à 19^h51^m, à 5°32′ S. ; avec **Mercure** le 13 à 13^h21^m, à 4°52′S. ; avec **Saturne** le 14 à 18^h25^m, à 4°7′ S. ; avec **Vénus** le 16 à 6^h49^m, à 0°12′ N. — **PLANÈTES : Mercure,** dans la *Vierge*, puis la *Balance*, est encore visible le matin au début du mois, se lève le 9 à 5^h24^m, soit 1^h26^m avant le Soleil ; **Vénus,** commence à devenir étoile du soir vers la fin du mois, dans le *Sagittaire*, se couche le 21 à 17^h8^m, soit 1^h5^m après le Soleil ; **Mars,** dans la *Vierge*, est visible le matin, se lève à 4^h4^m le 21, soit 3^h5^m avant le Soleil ; **Jupiter,** dans le *Lion*, voisine de Régulus, est observable toute la seconde partie de la nuit, diamètre pol. app. le 21 : 34″,8 ; **Saturne,** dans la *Balance*, est invisible, en conjonction avec le Soleil le 16 ; **Uranus,** dans le *Cancer*, visible presque toute la nuit, se lève le 27 à 20^h1^m, position : 8^h18^m et $+20°14'$; diamètre app. 3″,8 ; **Neptune,** dans la *Vierge*, devient visible un peu le matin, se lève le 27 à 4^h2^m. — **ÉTOILES VARIABLES :** Minima observables d'*Algol* (2^m,3-3^m,5) le 5 à 3^h7^m, le 8 à 0^h0^m, le 10 à 20^h38^m, le 13 à 17^h31^m, le 25 à 4^h48^m, le 28 à 1^h41^m, le 30 à 22^h19^m ; minima de β *Lyre* (3^m,4-4^m,1) le 11 à 18^h29^m, le 24 à 16^h48^m ; maxima de δ *Céphée* (3^m,8-4^m,6) le 3 à 21^h7^m, le 19 à 23^h31^m, le 30 à 17^h,2^m ; maximum de R *Hydre* (3^m,5-10^m,9) le 11 ; de RR *Sagittaire* (5^m,5-14^m,0) le 12 ; de R *Petit Lion* (6^m,0-13^m,3 le 18 ; de R *Verseau* (5^m,8-10^m,8) le 26 ; de R *Dragon* (6^m,3-13^m,9) le 28. — **ÉTOILE POLAIRE :** Passage supérieur au méridien de Paris : le 7 à $22^h39^m34^s$, le 17 à $22^h0^m13^s$, le 27 à $21^h20^m49^s$.

Phénomènes intéressants. — Lumière **cendrée** de la **Lune,** du **9** au **12,** le **matin.** Le **29, Éclipse partielle** de **Lune,** en **partie visible** en France, début à 14^h53^m, milieu 16^h59^m, fin 19^h6^m, grandeur **0,119;** à Paris lever de la Lune à 15^m45^h. Suivre le mouvement de **Jupiter,** dans le voisinage de la belle étoile **Régulus,** avec laquelle elle est en **conjonction** le **8,** à 13^h, à 0°21′ **N.;** la planète située au **N.-W.** de l'étoile **avant** cette date, se trouve à l'**E.** ensuite. — **Étoiles filantes :** Du **14** au **18, Léonides** (maximum le **16**) radiant ζ *Lion*, **rapides.** Du **17** au **23, Andromédides** (maximum le **20**) radiant γ Andromède, **lentes.**

(Heures données en **Temps universel,** tenir compte des modifications introduites par l'heure légale).

L. Tartois.

LES LIVRES NOUVEAUX

Mathématiques générales; Aide-mémoire Dunod, par Maurice Denis-Papin. 5e édit. 2 vol. 10 × 15. Tome I : *Algèbre, Géométrie, Trigonométrie rectiligne et sphérique, Analyse, Calcul des probabilités*, 312 p., 58 fig. Tome II : *Géométrie analytique et infinitésimale, Calcul graphique et numérique, Calcul vectoriel, Calcul opérationnel, matriciel et tensoriel, Table de fonctions.* 282 p., 101 fig. Dunod, Paris, 1955. Prix, relié ; chaque tome : 480 F.

Cette 5e édition de l'aide-mémoire de mathématiques générales a été entièrement refondue. Un grand nombre de notions nouvelles ont été introduites, notamment l'étude des fonctions analytiques, des fonctions de Bessel, des polynômes de Legendre, d'Hermite, de Laguerre, de Jacobi, de Tchébicheff, électro-sphériques, des notions de Mathématiques modernes : Calcul opérationnel, matriciel et tensoriel. Cet alourdissement considérable a conduit à diviser l'ouvrage en deux tomes. La composition typographique est claire et agréable. On trouve à la fin du second volume des tables de certaines fonctions intéressant la physique mathématique. Sous sa forme actuelle, cet ouvrage semble très efficacement adapté aux besoins de beaucup d'étudiants, de chercheurs et de techniciens.

Mathematics : A Third Course, par Myron F. Rosskopf, Harold D. Aten et William D. Reeve. 1 vol. 15 × 22, 430 p., illustré de compositions et photographies spéciales d'Harold K. Faye. McGraw-Hill, Londres, 1955. Prix, relié : 26 sh. 6 d.

Cet ouvrage est le dernier d'une série de trois, dont le premier, intitulé : *Mathematics : A First Course* s'efforçait de montrer combien et comment le symbolisme de l'algèbre réussit à rendre toutes questions plus concrètes. Dans *Mathematics : A Second Course*, les auteurs mettaient l'accent sur la compréhension parfaite de ce que signifie « prouver quelque chose ». Ce troisième et dernier cours a pour objet de pousser plus avant et de montrer comment une science progresse. En présentant, dans cet ouvrage, la théorie de l'algèbre et les fondements de la trigonométrie et de la géométrie analytique, les auteurs se sont moins préoccupés de procurer provisoirement une certaine maîtrise des matières enseignées, que de faire franchir définitivement une étape dans la voie de la connaissance mathématique. Ouvrage tout émaillé de problèmes et d'exemples pratiques et dont un index détaillé complète utilement la table des matières.

Plane trigonometry, par C. R. Wylie, professeur à l'Université de l'Utah. 1 vol. 16 × 23, 381 p., nombr. fig. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1955. Prix, relié : 30 sh.

Ouvrage qui présente la trigonométrie élémentaire sous une forme un peu inhabituelle en France. Les problèmes de résolution des triangles quelconques, auxquels les ouvrages français consacrent généralement des exposés longs et méticuleux, ont été ici largement sacrifiés. En revanche, l'auteur aborde délibérément l'inversion des lignes trigonométriques. Chemin faisant, il introduit les nombres complexes et la formule de Moivre, les séries trigonométriques, enfin les fonctions hyperboliques. Exemples nombreux, empruntés à la physique, à la géométrie analytique et au calcul algébrique. On aboutit ainsi à un exposé extrêmement efficace dans lequel la trigonométrie apparaît comme une technique mathématique immédiatement utilisable.

Atlas céleste, par l'abbé Moreux. Nouvelle édition. 12 cartes 24,5×31. G. Doin et Cie, Paris, 1955. Prix : 400 F.

Ces cartes permettent à l'amateur de trouver l'aspect du ciel une nuit quelconque et à une heure donnée, ainsi que les principaux objets intéressants qui peuvent être observés.

Méthodes de différentiation et d'intégration numériques (Applications), par A. Ziller. 1 vol. 18×27, 150 p., 9 fig. Publications du Ministère de l'Air, Paris, 1955. Prix : 1 500 F.

Cet ouvrage se compose de deux parties : différentiation numérique et intégration numérique. Dans la première sont exposées des opérations sur les valeurs numériques de fonctions, à savoir la dérivation numérique, l'interpolation, l'extrapolation, l'interpolation inverse et la réduction à l'équidistance de valeurs non équidistantes. Un ordre de grandeur de l'erreur commise est obtenu à partir d'une proposition sur les développements en série de Taylor. La seconde partie expose deux méthodes d'intégration numérique aboutissant à deux groupes de formules d'intégration, utilisées dans les chapitres suivants qui traitent le calcul d'une intégrale simple définie, d'une intégrale double et la résolution numérique des équations différentielles.

Les fonctions de Bessel et leurs applications en physique, par Georges Goudet. 1 vol. 17×25, 90 p. Masson, Paris, 1954. Prix : 600 F.

1° Rapide historique et revue des domaines où s'appliquent les fonctions de Bessel, qu'on rencontre très souvent quand on recherche une solution à l'équation de Laplace avec symétrie cylindrique ; 2° Intégration de l'équation de Bessel, application aux problèmes exposés dans l'introduction. Le 3e chapitre, très important, expose avec une rare clarté les principales propriétés des fonctions de Bessel et de Neumann. Le 4e chapitre, fidèle à l'esprit de la collection, est consacré aux applications principales des fonctions de Bessel à quelques problèmes tirés de divers domaines de la physique (dynamique des vibrations, électricité, thermodynamique, etc.). Une table de fonctions termine ce petit livre extrêmement concis et clair.

L'Optique astronomique, par Jean Terrien. 1 vol. « Que sais-je ? » 11×17,5, 128 p., 44 fig. Presses Universitaires de France, Paris, 1954. Prix : 153 F.

Avec la sobriété et la clarté qu'on lui connaît, le sous-directeur du Bureau international des Poids et Mesures décrit les principaux instruments d'optique mis à profit par les astronomes, leurs caractéristiques et leurs conditions d'emploi : objectifs à miroirs et à lentilles, oculaires, plaques photographiques, récepteurs photoélectriques, télescope électronique, astrolabes, sextants, spectroscopes, photomètres, instruments solaires. Un bon résumé de toute une technique de précision.

Optical properties of thin solid films, par O. S. Heavens. 1 vol. 14×22, VIII-261 p., nombreuses fig. Butterworths scientific publications, Londres, 1955. Prix, cartonné : 35 sh.

Les nombreux progrès récents de la préparation des couches solides minces, diélectriques ou métalliques, devaient permettre le développement de très nombreuses applications : par exemple, il est possible de fabriquer, par des dépôts uniformes de substances convenables, des surfaces optiques de pouvoir réflecteur à volonté augmenté ou diminué. Des travaux théoriques sur le comportement optique de telles couches ont été également effectués tant en Angleterre qu'en France, mais ce livre semble bien être le premier ouvrage d'ensemble sur ce sujet. Il expose de façon remarquablement claire les différentes méthodes de calcul des facteurs de réflexion et de transmission, notamment en introduisant la notion fort pratique d'*impédance optique*. Les méthodes d'étude ainsi que les différentes réalisations sont détaillées. Il expose plus succinctement mais avec autant de talent la théorie et les procédés techniques de dépôt des couches ainsi que leurs principales applications.

Introductory Applied Physics, par N. C. Harris et E. M. Hemmerling. 1 vol. 15,5×24, 737 p., ill. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1955. Prix, relié : 50 sh. 6 d.

Cet ouvrage, destiné à l'enseignement, expose les principes de base des techniques industrielles actuelles qui ont recours à la physique : mécanique, chaleur, réfrigération, acoustique, éclairage, magnétisme, électricité, électronique, éléments de physique atomique, etc. Les applications les plus récentes sont signalées ; des chapitres sont consacrés au conditionnement de l'air, aux communications, à la radio, à la télévision, à l'électronique industrielle. L'ouvrage est largement illustré par des photos, des tableaux et des graphiques. En fin de chapitre, un questionnaire est proposé au lecteur. Bonne introduction à des études plus complètes.

Applied Thermodynamics, par E. B. Norris, E. Therkelsen et C. E. Trent. 1 vol. 16×23,5, 490 p., nombreuses figures, tableaux et abaques. McGraw-Hill Book Company, New-York et Londres, 1955. Prix, relié : 53 sh. 6 d.

Ce traité de thermodynamique appliquée aux machines, destiné plus à l'ingénieur qu'au théoricien, insiste sur les descriptions techniques des moteurs à essence, Diesel, des machines et turbines à vapeur, des compresseurs et des réfrigérateurs, et contient à peu près tous les renseignements dont on peut avoir besoin en pratique sur ces machines, leurs accessoires, les combustibles et autres produits employés. La partie purement thermodynamique (diagrammes pression-volume, diagrammes d'entropie, etc.) est développée dans ses détails, ainsi que ses applications pratiques. A la fin de chaque chapitre, des exercices permettent de mettre en œuvre les connaissances acquises. Excellent manuel, mais dont le lecteur français, peu familiarisé avec les mesures anglaises, aura quelque peine à suivre les calculs pratiques.

Cours de Physique industrielle, par A. Monnez. Tome II : *Production et utilisation de la chaleur (Combustions, foyers, chaudières chauffage central, séchages)*. 1 vol. 17×25, 670 p., 164 fig. Gauthier-Villars, Paris, 1955. Prix : 4 300 F.

Nous saluions, il y a un an, la réédition du premier tome de l'ouvrage, qui traitait de l'écoulement des fluides et de la transmission de la chaleur. Dans le 2e tome on aborde les problèmes de la production et de l'utilisation de la chaleur. Le niveau théorique reste très élevé, mais le soin avec lequel ont été détachés les intermédiaires de raisonnement et de calcul fait que l'ouvrage demeure toujours très accessible. Dans cette 2e édition la théorie de la combustion a été largement remaniée. La théorie des gazogènes est exposée complètement. Le chapitre du chauffage central a encore été développé et prend ainsi les proportions d'un véritable traité de 250 pages.

Elements of servomechanism theory, par George J. Thaler. 1 vol. 16×24, 282 p., nombr. fig. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1955. Prix, relié : 53 sh. 6 d.

Cet ouvrage introduit la théorie des servomécanismes à un niveau peu élevé. Il n'est fait à aucun moment usage du calcul opérationnel et en particulier les systèmes d'équations et les fonctions de transfert sont abordés par les méthodes de la théorie des circuits plutôt que par la transformation de Laplace. L'auteur envisage essentiellement le cas des systèmes à boucle unique auquel il adjoint les éléments de base de la théorie des systèmes multiboucles. Les deux derniers chapitres introduisent des techniques modernes permettant d'aborder les problèmes de servomécanisme. Sur ce sujet de grande actualité, le lecteur trouvera à la fin de chaque chapitre un recueil d'exercices et de problèmes. Exposé dont l'efficacité a été éprouvée dans un enseignement pratique.

Automatic Transmissions. 1 vol. 16×24, 406 p. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1955. Prix, relié : 49 sh.

Ce volume rédigé par les spécialistes du Commercial Trades Institute est consacré aux transmissions automobiles. On sait que la technique actuelle conduit à la suppression pour le conducteur des manœuvres d'embrayage et de débrayage, ce qui améliore le confort et la sécurité. Les auteurs décrivent, sans recours aux mathématiques, les principes mécaniques, électriques, hydrauliques, qui sont appliqués, les convertisseurs de couple, etc., puis les divers dispositifs réalisés par les plus importantes marques automobiles américaines.

Électrotechnique générale : Aide-mémoire Dunod, par Maurice Denis-Papin. 4e édit. 1 vol. 10×15, 274 p., 242 fig. Dunod, Paris, 1955. Prix, relié : 480 F.

Malgré la concision extrême de cet aide-mémoire, place a été faite à tout ce qui est nécessaire à la compréhension de l'électrotechnique. Cette 4e édition tient compte de l'évolution des systèmes d'unités et de la terminologie. Le système Giorgi et le système C.G.S. ont été placés sur un plan d'égalité. La polarisation et l'aimantation ont été rattachées au concept nouveau de moment de double couche. La question de la rationalisation n'étant pas encore tranchée, on s'est contenté d'indiquer comment il y aurait lieu de modifier certaines formules importantes en cas d'emploi d'un système rationalisé. L'électrotechnique envisagée est essentiellement celle des courants forts ; on ne trouvera donc pas ici la théorie des quadripôles, des réseaux, de la stabilité et des régimes transitoires.

Le monde des ultrasons, par V. Koudriavtsev, trad. du russe par Paul Kolodkine. 1 vol. 12×18, 145 p. Les Éditeurs français réunis, Paris, 1955. Prix : 300 F.



Livre d'un niveau assez élevé sans jamais être ardu, grâce à des explications très soigneusement données. Les applications des ultrasons aux êtres vivants ouvrent un nouveau domaine de la recherche médicale. La chimie ultrasonore jette un jour nouveau sur beaucoup de mécanismes chimiques. Les ultrasons sont aussi employés dans diverses industries pour le contrôle, le sondage, la purification de l'air, etc. Enfin, une des applications les plus curieuses est certainement le microscope ultrasonore. On ne peut résister à l'étonnement de découvrir la richesse et les possibilités de ces techniques ultrasonores.

Introduction to Nuclear Engineering, par R. Stephenson. 1 vol. 16×24, 387 p. Mc Graw-Hill, New-York et Londres, 1954. Prix, relié : 57 sh. 6 d.

Ce livre est déjà considéré comme un classique d'une nouvelle littérature technique. Aucun des sujets de travail d'un ingénieur nucléaire n'a été laissé dans l'ombre ; les réactions nucléaires, la fission, la chaîne divergente et la théorie mathématique du fonctionnement des réacteurs nucléaires y sont admirablement traités. Une moitié environ du volume est consacrée aux mesures de protection contre les rayonnements, au contrôle des réacteurs faisant appel aux techniques nouvelles propres à ce domaine, ainsi qu'aux élaborations et séparations chimiques des isotopes et des combustibles nucléaires. L'ensemble, mis à part un chapitre, peut être lu par un lecteur non pourvu de connaissances mathématiques spéciales.

Chemical Engineering Instruments and Control Methods, par E. Molloy. 1 vol. 14×22, x-182 p., nombr. fig. Georges Newnes, Ltd, Londres, 1954. Prix, relié : 21 sh.

Il est inutile d'insister sur l'importance du contrôle dans l'industrie chimique moderne et par conséquent sur l'intérêt d'un ouvrage qui, sous la plume d'une vingtaine de spécialistes, nous décrit les principaux appareils de mesure utilisés dans ces contrôles : pHmètres, colorimètres, spectrophotomètres, polarimètres, indicateurs de niveau, ainsi que les différentes façons de procéder au réglage. Ouvrage élégamment illustré.

Électrochimie pratique : Principes et technologie, par Victor Gaertner, trad. par Andrée Metta. 1 vol. 15,5×24, 514 p., plus de 200 fig. Eyrolles et Gauthier-Villars, Paris, 1955. Prix : 2 700 F.

La 1re partie de cet ouvrage est consacrée à des généralités sur les conceptions modernes de la constitution de la matière, à l'étude des électrolytes dissous ou fondus, à celle des piles et des phénomènes d'électrolyse. La 2e partie, intitulée technologie, est réservée à la description des principales fabrications chimiques, basées sur l'électrochimie (aussi bien en solution aqueuse, qu'en milieu igné) et sur l'électrothermie. On a retenu les procédés récents pratiquement utilisés et on a joint certaines références bibliographiques et quelques indications économiques. L'auteur a traité également les piles, les accumulateurs, la galvanoplastie, l'oxydation anodique et l'affinage des métaux. De nombreuses illustrations complètent le texte de cet ouvrage très bien présenté.

L'Énergie, par Pierre Maillet. 1 vol. « Que sais-je ? », 11×17,5, 127 p., 8 fig. Presses Universitaires de France, Paris, 1954. Prix : 153 F.

L'économie moderne est de plus en plus avide d'énergie. Après un résumé des principes théoriques, ce petit livre décrit les principales sources actuelles d'énergie et leur exploitation, la production et les échanges mondiaux, les utilisateurs, les problèmes économiques et les perspectives d'avenir.

PETITES ANNONCES

(165 F la ligne, taxes comprises. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

S. CANTACUZÈNE, 207, rue de l'Université, Paris, Tél. INV. 25-99, est délégué par SOUTH-WEST RESEARCH INSTITUTE de San Antonio, Texas, pour choisir des inventions européennes à développer en Amérique. Sur rendez-vous de 9 h à midi

A VENDRE : Revue *La Nature*, années 1945 à 1954 inclus. Écrire : M. GIRALDON, chemin de la Paix, Pacy-sur-Eure (Eure).

Le gérant : F. Dunod. — dunod, éditeur, paris. — dépôt légal : 4e trimestre 1955, n° 2736. — Imprimé en france.
barnéoud frères et cie, imprimeurs (310566), laval, n° 3218. — 10-1955.





Le gérant : F. Dunod. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 4e TRIMESTRE 1955, N° 2736. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS (310566), LAVAL, N° 3218. — 10-1955.